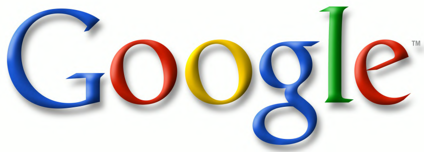
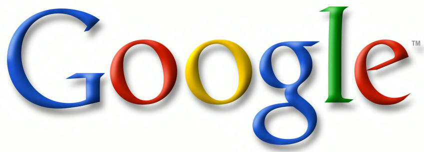



Google

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire:

MM.

CORDIER, insp. gén., membre de l'Acad. des Sciences, profess. de géologie au Muséum d'hist. naturelle, *président*.

DE BOUREUILLE, insp. gén., secrét. gén. du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

DUFRÉNOY, insp. gén., directeur de l'École des mines, membre de l'Acad. des Sciences, profess. de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général, membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines.

THIRRIA, inspecteur général.

COMBES, inspecteur général, membre de l'Académie des Sciences.

MM.

LEVALLOIS, inspecteur général.

MARROT, inspecteur général.

LORIEUX, inspecteur général.

DE SÉNARMONT, ingénieur en chef, membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

PIÉRARD, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général.

DE VILLENEUVE, ingén. en chef, professeur de législation des mines.

CALLON, ingénieur en chef, professeur d'exploitation des mines.

RIVOT, ing., professeur de docimasie.

PIOT, ingénieur, professeur de métallurgie.

DE CHEPPE, ancien chef de la division des mines.

COUCHE, ing. en chef, professeur de chemins de fer et de construction, *secrétaire de la commission*.

DELESSE, ingén., *secrétaire adjoint*.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. le secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, rue du Dragon, n° 30, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

CINQUIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME X.

PARIS,
VICTOR DALMONT, ÉDITEUR,
Successeur de Carilian-Gœury et Vve Dalmont,
LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, 49.

1856

BIBLIOGRAPHIE.

—

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1856.

FRANCE.

W. Manès. Description physique, géologique et minéralogique de la Charente-Inférieure, in-8 de 1 feuille 1/2. — P. Dupont, à Paris.

Liebig, traduit par Picard. Principes de chimie agricole, in-8 de 4 feuilles. — F. Didot, à Paris.

Bruneau. Histoire des houillères du Nord et du Pas-de-Calais, t. Ier, 25 feuilles 1/2 (l'ouvrage formera 3 vol.). — Ve Dalmont, à Paris.

M. Germa. *Le drainage.* Drainage horizontal et oblique, drainage vertical ou par perforation, in-12 de 4 feuilles. — Chaix, à Paris.

Canalisation des Landes, in-4 de 2 feuilles. — Condert, à Bordeaux.

Description des machines et procédés, publiée par le ministère du commerce, t. LXXXV, in-4 de 71 feuilles et 45 planches. — Madame veuve Bouchard-Huzard, à Paris.

Furiet. Éléments de mécanique exposés suivant le programme du baccalauréat ès sciences, in-8 de 22 feuilles. — Mallet-Bachelier, à Paris.

Rozet. Moyens d'empêcher les grandes inondations des fleuves et des principales rivières, in-8 de 3 feuilles et 1 planche. — Mallet-Bachelier, à Paris.

E. Lagasse. Notice sur l'extraction de la séve du pin maritime des Landes, in-8 de 2 feuilles. — Crugy, à Bordeaux.

B. Miége et R. Ungèrer. Vade-mecum de télégraphie électrique, in-18. — Lacroix-Comon, à Paris.

E. LAURENT. Études sur les sociétés de prévoyance ou de secours mutuels, in-8. — Guillaumin, à Paris.

L. TRIPIER. Commentaire de la loi sur le drainage, in-8. — Mayer-Odin, à Paris.

A. LEYMERIE. Premiers éléments de minéralogie et de géologie, in-8 de 4 feuilles. — Gimet, à Toulouse.

V. DÉGENÉTAIS. Travaux maritimes à exécuter aux ports du Havre, de Rouen et de Honfleur, in-8 de 8 feuilles et 2 planches. — Vve Dalmont, à Paris.

DE SAINT-VENANT. Aménagement des eaux pluviales, in-8 de 1 feuille. — Vve Dalmont, à Paris.

E. DE JONQUIÈRES. Mélanges de géométrie pure, in-8 de 17 feuilles et 5 planches. — Mallet-Bachelier, à Paris.

E. LAHURE. Considérations sur la construction et les propriétés des navires en fer, in-8 avec planches. — Lecler et Commolin, à Paris.

Dictionnaire général des tissus anciens et modernes. — Vve Dalmont, à Paris. (L'ouvrage formera de 40 à 50 livraisons. — La 1re est en vente.)

F. CAILLIAUD. Observations sur les oursins perforants de Bretagne, in-8 de 1 feuille 1/2 et 1 planche. — Mellinet, à Nantes.

LAFFOREST. Rapport sur l'instruction publique dans la Loire-Inférieure, in-8 de 2 feuilles. — Guéraud, à Nantes.

KRAFT. Traité des échafaudages (ouvrage posthume), in-folio de 3 feuilles 1/2 et 51 planches. — Hachette, à Paris.

COTELLE. Éclairage économique, in-8 de 1 feuille. — Chaix, à Paris.

TARNIER. Éléments de trigonométrie théorique et pratique, in-8 de 12 feuilles 1/2. — Hachette, à Paris.

HOLM. Guide pratique pour l'application du propulseur hélicoïdal aux navires et aux bateaux de rivières et de canaux, grand in-4 de 4 feuilles et 2 planches. — Chaix, à Paris.

SCOUTETTEN. *L'ozone.* Recherches sur l'oxygène électrisé, in-18 de 288 pages. — V. Masson, à Paris.

E. MULLER. Habitations ouvrières et agricoles, 1 vol. grand in-8 et atlas in-folio de 45 planches. — Vve Dalmont, à Paris.

ZIMMERMANN (traduit par L. HYMAN et STRENS). Le monde avant

la création de l'homme, 1 vol. grand in-8. — Havard, à Paris.

A. DUFRÉNOY. Traité de minéralogie, 2e édition, t. III, in-8 de 456 pages; t. V, planches 81 à 160. — Vve Dalmont, à Paris.

Direction générale des douanes. Tableau général du commerce de la France avec les colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1855, in-4 de 81 feuilles. — Imprimerie impériale.

Documents statistiques sur les chemins de fer, publiés par ordre du ministre des travaux publics, in-4 de 45 feuilles. — Imprimerie impériale.

ROBILLARD. Rapport sur la navigation de la rivière d'Ilon (Eure), suivi d'un projet de règlement. — Lenormant, à Paris.

A. DUFOUR. Drainage exécuté sur la ferme des Corbies (Seine-et-Marne), in-8 de 2 feuilles. — Vialat, à Lagny.

L. LEHIR. Réseau de voies ferrées sous Paris, in-8 de 2 feuilles. — Imprimerie Guiraudet, à Paris.

LEGROS. Encyclopédie de la photographie sur papier collodion, verre négatif et positif, in-8 de 21 feuilles. — Mourgues, à Paris.

ROLLAND. Notice sur les appareils de panification, in-8 de 2 feuilles 1/2. — Imprimerie Bailly, à Paris.

J. ADHÉMAR. Nouvelles études de coupe des pierres; traité théorique et pratique des ponts biais, in-8 de 19 feuilles et atlas de 19 planches. — Vve Dalmont, à Paris.

Système championnois de la production de l'alcool de betterave par les procédés les plus économiques, in-8. — Lacroix-Comon, à Paris.

MALAGUTI. Cours de chimie agricole, professé à Rennes en 1856, in-18. — Lacroix-Comon, à Paris.

P. BORDE. Tables de surfaces pour les calculs des déblais et des remblais, 3 vol. in-8. — Lacroix-Comon, à Paris.

W. GROVE (traduit par MOIGNO). Corrélation des forces physiques, 1 vol. in-8. — Ballay et Conchon, à Paris.

ANTHELME. Traité d'agriculture élémentaire, 2 vol. grand in-8. — Pitrat, à Montpellier.

G. CAVALIER. Manuel du mécanicien, in-16 de 2 feuilles.— Andrieu, à Toulon.

MAUMENÉ. Mémoire sur un nouveau procédé d'extraction du sucre de tous les végétaux, in-8 de 2 feuilles. — Regnier, à Reims.

CHAZALLON. Annuaire des marées des côtes de France pour 1857, in-18 de 11 feuilles. — Ledoyen, à Paris.

F. MULSANT. Cours élémentaire d'histoire naturelle, zoologie, in-8 de 22 feuilles. — Lecoffre, à Paris.

BELLE. Mémoire sur la constitution géologique de l'arrondissement de Roanne, in-8 de 2 feuilles 1/2. — Ferly, à Roanne.

J. DUMAS. La science des fontaines, 1 vol. in-18 avec planches. — Lacroix-Comon, à Paris.

E. PAIGNON. Traité juridique de la construction, de l'exploitation et de la police des chemins de fer, 1 vol. in-18. — Lacroix-Comon, à Paris.

LAUDET. Mémoire descriptif d'une grue roulante à vapeur, de 50.000 kil., broch. in-8. — Chaix, à Paris.

MINARD. La chute des ponts dans les grandes crues, in-4 de 2 feuilles et 1 planche. — Thunot, à Paris.

A. ROLLAND. Méthode pratique pour l'établissement des ponts et pontceaux, in-4 avec planches. — Mallet-Bachelier, à Paris.

T. CHOUMARA. Véritable cause physique de la pesanteur des corps terrestres et de la gravité universelle, in-8 de 9 feuilles. — Chez l'auteur, à Paris.

Dictionnaire général de l'administration, grand in-8 de 31 feuilles. — P. Dupont, à Paris.

THIROUX. Essai sur le mouvement des projectiles dans les métaux résistants, 2e partie, in-8. — Corréard, à Paris.

F. DE LESSEPS. Documents sur le percement de l'isthme de Suez, 3e série, in-8 de 24 feuilles. — Plon, à Paris.

PARANDIER. Notice sur l'utilisation des communaux et sur le reboisement, brochure in-8. — Gauthier, à Lons-le-Saulnier.

E.-E. BLAVIER. Cours théorique et pratique de télégraphie électrique. — Lacroix-Comon, à Paris.

ANGLETERRE.

BACKIE. *Narrative of an exploring...* Relation d'un voyage d'exploration du Niger et de la Tsadda, publiée avec l'autorisation du gouvernement, in-8.

HARDWICH. *Manual of...* Manuel de chimie photographique, 3e édition, in-12.

LARDNER. *Museum...* Muséum des sciences et des arts, t. X, in-12.

MAURY. *Physical...* Géographie physique de la mer, édition entièrement refondue, in-8.

PERRY. *Narrative...* Relation de l'expédition du commandant Perry en Chine et au Japon, grand in-8 avec figures et cartes.

BARTH. *Travel...* Voyage en Afrique, t. I, II, III, in-8.

R. MELLET. *On the physical...* Des conditions physiques de l'établissement du matériel de l'artillerie, in 4.

GALBRAITH et HAUGHTON. *Manual of...* Manuel de mécanique, 4e édition, revue et augmentée, in-8.

T. J. MAIN. *Questions on subjects...* Machines à vapeur pour la navigation maritime. Examen de questions relatives à leur établissement.

ALLEMAGNE.

Arbeiten der geologischen... Travaux de la Société géologique de Vienne, 1 cahier avec 1 carte chromo-lithographique et 8 planches lithographiées. — Vienne, Braumuller.

Bericht über... Rapport sur l'exposition universelle de 1855, rédigé par M. Carl Noback, d'après les ordres du ministre du commerce et des travaux publics. — Les rapports sur les classes 1re, 4e, 20e et 22e sont publiés.—Vienne, Brockauss, à Leipzig.

A. WIEGAND. *Lehrbuch...* Traité de mathématiques, grand in-8. — Schmidt, à Halle.

Jahresbericht über die... Rapport annuel sur les progrès de la Chimie, de la Minéralogie et de la Géologie, par MM. JUSTUS

LIEBIG et HERMANN KOPP, avec la collaboration de MM. RUFF et KNAPP. Année 1855, 1 vol. grand in-8. — Ricker, à Geissen.

V. CZOERNIG. *Mittheilungen aus...* Documents statistiques sur l'exploitation des chemins de fer de l'État en Autriche, année 1854, grand in-8. — Braumuller, à Vienne.

MULLER. *Lehrbuch der...* Traité de physique et de météorologie, 1 vol. grand in-8 avec 1.500 bois et figures coloriées dans le texte. — Wiewig et fils, à Brunswick.

J. SCHMIDT. *Die Eruption...* L'éruption du Vésuve en mars 1855, avec une carte et des cotes nouvellement mesurées, grand in-8. — Hölzel, à Olmutz.

SCHNEITTER et ANDRÉE. *Sammlung...* Recueil de machines et d'appareils agricoles, 2e série, grand in-4 avec planches in-folio. — Teubner, à Leipzig.

SCHOEDLER. *Das Buch...* Le livre de la nature comprenant les connaissances de physique, d'astronomie, de chimie, de minéralogie, de physiologie, de botanique et de zoologie, 10e édition augmentée, avec 378 figures intercalées dans le texte, grand in-8. — Wiewig et fils, à Brunswick.

BERGHAUS. *Was man von...* Ce que l'on sait sur la terre, grand in-8. — Hasselberg, à Berlin.

V. DECHEN. *Geologische...* Carte géologique des provinces rhénanes et de la Westphalie, 7e, 8e et 9e sections, chromo-lithographie. — Schropp, à Berlin.

WAGEMANN. *Die Chemie und...* La chimie dans ses rapports avec l'industrie. — Vandenhack, à Gottingue.

K. K. geologischen... Institut impérial géologique de Vienne. Mémoires de cet établissement, t. III, in-folio avec 51 planches. — Braumuller, à Vienne.

BRIX. *Beschreibung...* Artillerie russe. Description de son matériel, organisation de ce service, grand in-8 avec 5 planches. Mittler et fils, à Berlin.

ETZEL. *Brücken und...* Ponts et viaducs des chemins de fer suisses, atlas in-folio. — Bahnmaïer, à Bâle.

G. HANKEL. *Elektriche...* Recherches sur l'électricité, grand in-8. — Hirzel, à Leipzig.

HEIDER. *Der Bau...* Construction des cales sèches du nouvel arsenal du Lloyd autrichien, à Trieste; suivi d'un appendice

sur l'application de la terre de Santories aux ouvrages hydrauliques, in-folio avec planches lithographiées; publié par la direction du Lloyd, à Trieste.

Geologischen... Institut géologique de Vienne. — Annuaire pour 1856. — Braumuller, à Vienne.

Moser. *Grundzüge...* Principes de chimie agricole, grand in-8. — Braumuller, à Vienne.

Pohl. *Ueber die Verwandbarkeit...* Sur l'application du saccharimètre polarisateur de Mitscherlich, brochure in 8. — Braumuller, à Vienne.

ANNALES
DES MINES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES
SUR LES MATÉRIAUX EMPLOYÉS DANS LES CONSTRUCTIONS A LA MER.

Par M. CHATONEY, ingénieur en chef des ponts et chaussées;
et M. RIVOT, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines.

DEUXIÈME PARTIE.

La prise des mortiers sous l'eau résulte de plusieurs actions différentes dont les principales sont : Causes de l'hydraulicité.

La combinaison chimique de la chaux avec la silice et avec l'alumine, combinaison qui peut avoir lieu par voie sèche ou par voie humide ;

L'hydratation de ces composés suivie d'un arrangement moléculaire particulier, produisant le durcissement progressif.

L'analyse chimique des mortiers ayant fait prise sous l'eau montre qu'ils contiennent tous du silicate de chaux. La présence de l'alumine n'est pas nécessaire puisque certaines matières très-hydrauliques, comme la chaux du Theil, par exemple, n'en contiennent que des quantités insignifiantes.

La manière la plus simple de produire ce silicate est évidemment de mélanger de l'acide silicique avec de la chaux. Or *le silex est de l'acide silicique dans un état* Action du silex sur la chaux.

moléculaire intermédiaire entre le quartz et la silice. Il se combine lentement avec la chaux par voie humide tandis que le quartz ne peut se combiner avec elle que par la voie sèche. Il est très-répandu dans la nature. Il en existe d'immenses dépôts en couches ou en rognons au milieu des formations de craie. C'est donc lui qu'on doit choisir pour composer des matières hydrauliques du moment où les matières naturelles font défaut.

Cette action du silex sur la chaux à froid et sous l'influence seule de l'humidité est bien manifeste au Havre, où l'on emploie pour les grosses maçonneries du silex de la craie roulé par la mer et transformé en moellons arrondis et en galets.

Bien que leur surface extrêmement lisse ne paraisse pas convenable pour faire de bonne maçonnerie, l'adhérence du mortier, produite par l'action chimique, est tellement prononcée qu'on ne peut pas détacher des moellons, venant d'anciennes maçonneries, la pellicule de chaux qui les enveloppe.

En mêlant du silex bien pulvérisé avec de la chaux grasse nous avons obtenu des mortiers qui ont fait prise sous l'eau (c'est-à-dire qui ont porté l'aiguille Vicat) au bout de 8 à 10 jours, et y ont acquis une grande dureté, tandis que cette même chaux, mélangée avec du sable et immergée comme le mortier précédent, de suite après la fabrication, n'a jamais pu porter l'aiguille.

Composition du silicate hydraulique.

La silice et la chaux peuvent donc à elles seules, en se combinant et s'hydratant, produire l'hydraulicité, et nous avons vu dans la première partie que le silicate de chaux, qu'on retrouve dans tous les mortiers ayant fait bonne prise sous l'eau, a une composition presque constante et tellement rapprochée de celle donnée par la formule $SiO^3 + 3CaO + 6HO$ qu'il faut en conclure que ces proportions sont celles qu'on doit rechercher parmi

des matériaux naturels et qu'il faut tâcher de reproduire s'il s'agit de produits artificiels.

Mais il ne suffit pas pour obtenir de bons résultats, que la nature et les proportions des éléments qui entrent dans la composition des mortiers soient convenables. La préparation des matières la fabrication et le mode d'emploi des mortiers ont, sur la réussite, une influence considérable, nous pourrions presque dire plus grande que la composition chimique, puisque les mêmes matériaux peuvent, suivant les procédés employés, donner de très-bons ou de très-mauvais résultats. De plus, les procédés de mise en œuvre et la composition chimique des matériaux doivent varier avec la composition de l'eau de mer et la situation des travaux. La question de la décomposition des mortiers est donc très-compliquée, et l'on comprend combien de faits contradictoires, bien que vrais, ont pu être invoqués à l'appui de telle ou telle opinion. Influence du mode de préparation et d'emploi des mortiers.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir résolu complétement la question, mais nous nous croyons en mesure d'indiquer d'une manière plus précise qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour les réactions qui ont lieu dans les différentes périodes qui précèdent et suivent la prise, les causes des décompositions et les moyens de les prévenir, ou plus exactement encore, la voie qu'on doit suivre pour arriver à les découvrir.

Voici en quelques mots les caractères et les causes générales des décompositions.

Un mortier hydraulique immergé dans l'eau de mer fait prise comme dans l'eau douce, mais avec plus de lenteur ; il durcit progressivement, puis, après un temps plus ou moins long, il se ramollit ou se soulève en écailles. Caractères et causes des décompositions.

Le durcissement est dû à la formation des composés

hydratés de la chaux avec la silice et l'alumine, composés insolubles, il est vrai, mais attaquables par le sulfate de magnésie, l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré contenus dans l'eau de mer.

Si une enveloppe quelconque, telle qu'un dépôt de coquillages et herbes marines, de vase, etc., ou enfin la croûte de carbonate de chaux que produit l'acide carbonique à la surface de tous les mortiers, n'est pas suffisante pour empêcher l'eau de mer de pénétrer dans leur intérieur, cette eau dissout la chaux libre, augmente les vides des pores et facilite l'action destructive des sels et des gaz (1). Les mortiers peuvent donc perdre leur cohésion et se ramollir ou bien encore, se gonfler et éclater s'il se forme du sulfate de chaux, c'est-à-dire du plâtre, dont le volume augmente au moment où il cristallise en s'hydratant.

Retrait des mortiers.

Les observations faites sur les mortiers immergés dans les cuves montrent qu'ils éprouvent au moment, et quelque temps après la prise, une contraction ou retrait plus ou moins grand qui ne peut être dû qu'à la solidification des silicates et aluminates hydrauliques.

Une partie de la chaux libre mélangée avec ces substances est comme exprimée d'une éponge, et se dépose à l'extérieur du mortier et sur les parois des pores intérieurs. Le mortier se trouve ainsi entouré d'une couche laiteuse qui a quelquefois 2 ou 3 millimètres d'épaisseur et dont la surface se carbonate au contact de l'eau. Si le mortier rejette peu de chaux, le carbonate devient adhérent au mortier lui-même. L'acide carbonique continuant à pénétrer dans l'intérieur,

(1) Voir à ce sujet, dans les *Annales des ponts et chaussées*, 2e semestre de 1834, l'excellent mémoire de M. Ravier sur les mortiers d'Alger.

transforme également en carbonate la chaux libre réunie dans les pores les plus voisins de la surface et crée ainsi autour des mortiers l'enveloppe protectrice dont ils ont tous besoin.

La formation de cette enveloppe, facile dans l'eau calme des cuves d'essais ou des bassins, ne l'est pas autant en mer libre. Si le mortier n'est pas énergique, l'agitation des vagues la brise, l'enlève et met à nu du mortier qui se recouvre peu à peu d'une nouvelle enveloppe de carbonate de chaux destinée à disparaître comme la première.

Nécessité d'une enveloppe protectrice.

Tout le monde est bien d'accord sur la nécessité et l'efficacité d'une enveloppe protectrice. On pense, et nous sommes complétement de cet avis, qu'un parement imperméable préserve contre l'action destructive de l'eau de mer les maçonneries d'intérieur, lors même qu'elles sont faites avec des mortiers médiocres et poreux. Ce parement peut être en pierre de taille, en briques, etc.; mais s'il est question d'immerger du béton sous l'eau ou de le déposer au fond d'une fouille traversée par des sources, s'il s'agit enfin de blocs de béton, il faut de toute nécessité que le mortier résiste alors par lui-même. Tel est le vrai problème à résoudre et nous n'en voyons une solution générale et satisfaisante que dans une enveloppe de carbonate de chaux bien adhérente.

Il n'existe que deux espèces distinctes de mortiers.

Nous n'avons plus à répéter dans cette deuxième partie de notre mémoire les considérations développées dans la première sur la nature des différents matériaux hydrauliques et sur les réactions très-compliquées qui accompagnent et suivent la prise des mortiers. Nous pouvons donc passer, sans autre préambule, aux questions pratiques concernant la fabrication des mortiers. Nous dirons seulement pour motiver l'ordre que nous allons suivre

Effets d'une forte cuisson sur les chaux hydrauliques.

Nous n'avons pas à reproduire ici les détails donnés dans la première partie du mémoire sur les réactions très-variables produites par la cuisson des chaux hydrauliques. Nous rappellerons seulement un fait chimique d'une importance pratique d'autant plus considérable qu'il s'applique à toutes les chaux (1), c'est que *les composés hydrauliques, quels qu'ils soient, silicates ou aluminates, se combinent d'autant moins facilement avec l'eau, qu'ils ont été soumis à une température plus élevée.* L'hydratation, et par conséquent *la prise des parties différemment chauffées n'aura donc pas lieu en même temps.* Il peut (2) en résulter de graves inconvénients qu'on doit prévenir, soit en prolongeant la durée de la cuisson pour que l'intérieur des morceaux de calcaire subisse, autant que possible, la même température que l'extérieur, soit en conservant longtemps la chaux éteinte en magasin, ainsi que nous le développerons en parlant de l'extinction des chaux hydrauliques.

Cuisson imparfaite.

En thèse générale on doit chercher à obtenir une cuisson parfaite qui expulse tout l'acide carbonique. On peut cependant augmenter, au moyen d'une cuisson ncomplète, l'hydraulicité de certaines chaux. Il suffit de ménager la cuisson de manière à ne décompo-

---

(1) Et aussi à tous les ciments.

(2) Nous tenons à expliquer une fois pour toutes cette *possibilité* d'une altération des mortiers par suite des prises successives des matières qui les composent.

Si la prise de chacune d'elles, c'est-à-dire son passage de l'état mou à l'état solide ou rigide, avait lieu à un moment bien déterminé, l'altération des mortiers serait inévitable. Mais les choses ne se passent pas ainsi. La transition est plus ou moins rapide, mais elle demande toujours un certain temps pendant lequel les matières peuvent céder aux changements de volume de leurs voisines, et tant que ceux-ci s'opéreront dans certaines limites que l'expérience seule peut fixer, on n'aura pas de décomposition à redouter.

ser qu'une quantité de carbonate de chaux suffisante pour fournir à la silice et à l'alumine la chaux dont elles ont besoin pour former un bon composé hydraulique. Le produit contient alors, en outre de ce composé, un peu de chaux libre et du carbonate de chaux inerte (1). Sa partie active a donc la composition et, par suite, les propriétés d'une chaux très-hydraulique ou d'un ciment, suivant la proportion plus ou moins forte de chaux libre.

Mais ce qui paraît fort simple en théorie, l'est beaucoup moins en pratique. On ne peut, en effet, être assuré de réussir qu'en arrivant juste à un degré de cuisson tellement difficile à saisir et à reproduire que nous ne considérons pas ce procédé comme susceptible d'application. Nous ne pensons même pas qu'on puisse donner ce degré de cuisson convenable à toutes les parties d'un seul morceau de calcaire. On aurait donc toujours à craindre que la chaux ne contînt à la fois des portions bien cuites et d'autres cuites imparfaitement. Leurs qualités hydrauliques étant différentes, et leurs prises ne pouvant pas avoir lieu en même temps, il pourrait en résulter des accidents.

La chaux du Theil contient presque toujours des parties mal cuites, auxquelles on donne le nom de grappiers (1), et qu'on mêle avec la chaux après les avoir broyés. On a pu le faire sans inconvénient dans la Méditerranée, du moins jusqu'à présent; mais une pareille réussite paraît trop incertaine pour qu'on puisse recommander de suivre cet exemple. Employés seuls, les grappiers n'auraient aucun inconvénient et pour-

(1) Voir dans la première partie du mémoire la note où se trouve discutée la question des sous-carbonates de chaux.

(2) *Annales des ponts et chaussées*, 2ᵉ semestre 1855, p. 354.

rieur est toujours plus chauffé que l'intérieur. Or les composés de silice, alumine et chaux qui auront subi la plus forte température devant faire prise après ceux qui auront été moins chauffés, il pourra en résulter des inconvénients si la chaux est employée quelques jours seulement après l'extinction. Si, au contraire, on la conserve longtemps en magasin, la présence de la chaux hydratée et du très-petit excès d'eau préparera les actions chimiques qui, plus tard, déterminent la prise, et par suite on fera disparaître ou, pour le moins, on diminuera les différences de vitesse de prise provenant des degrés différents de cuisson.

On devrait donc, rien que pour ce motif, conserver toutes les chaux éteintes avant de les employer; mais si elles contiennent de l'alumine, cette condition devient indispensable. Nous avons dit, en effet, dans la première partie de ce mémoire, que leur cuisson produit du silicate de chaux, de l'aluminate de chaux et du silicate d'alumine et de chaux, lequel est destiné à se transformer plus tard, sous l'influence de la chaux libre et de l'eau, en silicate et en aluminate de chaux. Si la chaux est employée peu de temps après l'extinction, cette transformation a lieu pendant ou même après la prise du mortier, et il est à craindre que la prise du silicate et de l'aluminate de chaux ainsi formés par voie humide n'ait lieu après celle du silicate et de l'aluminate de chaux formés par voie sèche. De là une cause de désaggrégation qu'il faut éviter. On y arrive en conservant longtemps la chaux éteinte en magasin, car le silicate d'alumine et de chaux sera transformé avant l'emploi, sous l'influence de la chaux libre hydratée, en silicate et aluminate de chaux. Toutes les réactions étant ainsi terminées *avant* la fabrication du mortier, les chances de stabilité seront plus grandes.

Comme nous avons constaté que la chaux éteinte en poudre ne contient guère que l'eau nécessaire pour hydrater la chaux libre, il n'y a pas à craindre que les silicate et aluminate de chaux ne viennent eux-mêmes à s'hydrater, c'est-à-dire à faire prise, et dès lors la conservation en magasin ne pourra avoir que les bons effets que nous venons de signaler. Une petite quantité de chaux se carbonatera, il est vrai, et deviendra inerte; ce qui ne sera jamais un inconvénient dans les conditions ordinaires de l'emploi.

L'expérience vient à l'appui des considérations que nous venons de développer, car presque tous les praticiens sont d'avis qu'on ne doit pas employer la chaux de suite après l'extinction, tandis qu'on peut la garder pendant bien des mois, et même des années, sans que sa qualité en souffre. L'extérieur seul se carbonate et devient inerte.

§ II. — Préparation et emploi des mortiers.

On doit se proposer deux buts principaux dans la fabrication des mortiers : On doit préparer et faciliter les actions chimiques et rendre les mortiers compactes.

1° Préparer et proportionner les éléments qui les composent de manière à ce que les combinaisons chimiques s'opèrent aussi régulièrement et énergiquement que possible, et que d'autre part une enveloppe de carbonate de chaux puisse se former à la surface des mortiers pour les protéger contre l'action de l'eau de mer;

2° Rendre les mortiers très-compactes et par conséquent peu perméables.

---

(1) On sait que l'hydrosilicate $SiO^2 + 3CaO + 6HO$ contient 27 p. 100 d'eau. Les 660 kilogrammes de silicate de chaux contenus dans 1.000 kilogrammes de chaux vive du Theil exigeront donc pour s'hydrater 257 kilogrammes d'eau. La chaux en poudre peut donc absorber un peu d'eau dans les magasins sans que le silicate risque de s'hydrater.

Mauvais effets de la porosité.

L'examen de tous les mortiers de chaux et sable, de ciment ou de pouzzolane ayant fait prise à l'air ou sous l'eau, fait reconnaître que quels que soient leur composition et leur mode de fabrication, la texture intérieure n'est jamais compacte. On y remarque toujours des vides, souvent très-considérables, qui rendent les mortiers poreux et perméables. L'inconvénient de la porosité est surtout grave quand les maçonneries sont soumises à des différences de pression tendant à faire fitrer l'eau au travers comme lorsqu'il s'agit d'une écluse retenant une forte charge d'eau ; car l'eau de mer, pouvant alors pénétrer et se renouveler dans l'intérieur des maçonneries, doit amener la décomposition des mortiers.

Les alternatives de pression des marées et les chocs des vagues donnent aussi lieu dans l'intérieur des mortiers perméables à des effets dangereux.

Mortiers de chaux et sable.

Influence du sable. Le sable employé dans les mortiers exerce deux espèces d'actions distinctes.

Il donne de la consistance aux hydrates, et diminue le retrait des mortiers : c'est une action toute mécanique.

S'il contient du silex (1) ou de l'argile, une partie de ces substances se combinera avec la chaux et agira comme une pouzzolane. Cette action, en général peu énergique, ne se produira qu'à la longue et durera longtemps. Nous y reviendrons en parlant des pouzzolanes et des arènes.

Proportions de chaux et de sable. Les proportions de chaux et de sable entrant dans la composition des mortiers doivent être réglées par les considérations suivantes.

---

(1) Nous citerons le sable du Havre, produit en presque totalité par le silex des falaises crayeuses situées à l'embouchure de la Seine.

Le volume de la pâte de chaux doit être supérieur aux vides du sable.

Cette pâte doit être bien compacte pour former des mortiers imperméables.

Les vides du sable dépendent de sa nature et du degré d'humidité. Ils sont d'environ 0,41 pour du sable ordinaire sec, et de 0,33 pour le même sable mouillé. Cette différence, due à la contraction produite par l'eau, est importante, et l'on doit en tenir compte quand on règle les proportions de chaux.

Il faut également observer que le volume de la pâte produite par de la chaux vive est très-différent quand la chaux est éteinte directement en pâte dans des bassins, ou quand on commence par l'éteindre en poudre qu'on transforme ensuite en pâte.

Prenons un exemple. Un mètre cube de chaux moyennement hydraulique de la Hève (1), éteinte en pâte de manière à lui donner au bout de vingt-quatre heures la consistance réglementaire d'une pâte ferme, produit $1^{m},75$ de pâte.

Un mètre cube de cette même chaux éteinte par immersion donne 2 mètres de poudre, qui, réduits ensuite en pâte, donnent $1^{m},24$ de pâte, et des mortiers fabriqués avec ces deux expèces de pâte, dans les proportions ordinaires (mais mal définies) de 1 mètre de sable pour $0^{m},50$ de pâte, contiendraient : l'un 0,286 et l'autre 0,403 de chaux caustique.

Le premier mortier serait sans aucun doute beaucoup plus poreux.

Toutes les chaux en poudre éprouvent, quand on les transforme en pâte, une réduction de volume très-considérable, analogue à celle qu'on trouve pour la chaux

(1) Chaux employée au Havre.

de la Hève. La différence qui peut exister sous ce rapport d'une chaux à l'autre ne suffit pas pour expliquer les dosages très-variables employés par les différents constructeurs, et dont voici quelques exemples :

	PROPORTIONS EN VOLUMES.		
	Sable.	Chaux en poudre.	Pâte produite par la chaux en poudre (1).
Mortiers des ports du Calvados. .	1	0,80	0,496
— — du Havre . . .	1	0,65	0,403
— — de Marseille. .	1	0,60	0,372
— des égouts de Paris. . .	1	0,50	0,31

En rapprochant ces chiffres du volume des vides du sable, qui varie de 0,33 à 0,41, suivant son état d'humidité plus ou moins grand, nous sommes conduits à penser que, pour éviter la porosité des mortiers, la proportion de chaux en poudre ne doit pas descendre au-dessous de 0,65, le sable et la poudre étant mesurés sans tassement.

Proportion d'eau. — Le mélange du sable et de la chaux devant être aussi intime que possible, l'excès d'eau est nuisible, puisque ces deux matières, de densités différentes, ne manqueront pas de se séparer si le mortier est trop mou. Cette considération servira à fixer dans chaque cas la proportion d'eau qu'on doit employer.

Mortiers de chaux grasses.

Anciennes maçonneries. — Les mortiers de chaux, dites grasses, fabriqués avec des calcaires crayeux analogues à ceux de Fécamp, ont été à peu près exclusivement employés dans les ports de la Seine-Inférieure, pour l'intérieur des maçonneries à la mer. Protégés par

(1) En admettant que la contraction soit la même pour toutes les chaux, c'est-à-dire de 0m.62 de pâte pour 1 mètre de poudre.

des revêtements en pierre de taille faits et rejointoyés avec soin, les mortiers des jetées qu'on a été dans le cas de démolir ont été trouvés partout en parfait état de conservation et même de dureté au moment de la démolition. Mais s'ils restent exposés à l'action directe de la mer, leur surface se ramollit au bout de peu de temps. L'eau dissout une partie de la chaux, l'agitation enlève les parties molles, ainsi que la couche de carbonate qui tend constamment à se former, et le mortier se détruit peu à peu, à moins que des coquillages ou des herbes ne viennent le recouvrir.

Les mortiers des écluses sont en assez mauvais état. L'eau filtre souvent derrière les parements en pierre de taille, et les mortiers qu'on retire par les joints sont tout à fait mous et décomposés. Les filtrations ne peuvent être arrêtées que par des rejointoiements bien faits et entretenus avec soin. Les mortiers des massifs intérieurs qu'on est, du reste, bien rarement dans le cas de mettre à découvert, sont toujours humides et peu consistants.

Procédés de fabrication. — On n'emploie plus aujourd'hui de mortiers de chaux grasses pour les travaux à la mer. Les mortiers des anciens ouvrages du Havre étaient faits avec des chaux éteintes dans des bassins où elles séjournaient pendant au moins six mois et quelquefois deux ou trois ans, et la fabrication n'avait pas lieu comme aujourd'hui au moment même de l'emploi. On lit, en effet, dans le devis pour la construction du bassin de la Barre, dressé par Lamandé en 1793 :

« Tous les mortiers seront faits avec soin, mélangés » à force de bras sans qu'il soit permis d'y mettre de » l'eau pour faciliter la façon du mortier.

» Le mortier sera toujours fait *de deux à trois jours*

» *à l'avance et rebattu à plusieurs reprises sans aucune* » *addition d'eau.* »

Ce procédé de fabrication, complétement abandonné aujourd'hui, était fort employé autrefois. Il est cependant très-rationnel et donne d'excellents résultats. La digestion pendant plusieurs jours de la chaux et du sable prépare les combinaisons chimiques. Ces deux matières ont aussi le *temps de se mouiller* et n'introduisent pas avec elles, dans les mortiers, une notable quantité d'air, qui y est retenue par une force d'adhérence quand on ne prend pas cette précaution. Les mortiers que nous avons faits d'après l'ancien système ont fait prise plus vite; ils sont plus compactes et plus résistants; bien meilleurs, enfin, qu'en suivant les procédés actuels.

Une circonstance à remarquer, c'est que dans le devis de la construction du mur d'enceinte de la Floride, Lamandé prescrivait en 1784 de ne faire « que » la quantité de mortier qui pourra être employée à la » marée. » Il en aura reconnu l'inconvénient, puisque neuf ans plus tard il était revenu aux errements de Bélidor (note 2).

Mortiers de chaux hydrauliques.

Procédés de fabrication. — Les chaux hydrauliques sont généralement éteintes en poudre. On devrait les mêler d'avance avec les proportions de sable nécessaires pour faire le mortier et laisser digérer le mélange légèrement humide. Une longue digestion sera favorable si elle est conduite avec soin, de manière à ce qu'aucune partie du mortier ne fasse prise. Elle sera plus utile que pour les chaux grasses, puisque les réactions se compliquent par la présence des silicates formés par voie sèche.

Chaux siliceuses.

Les calcaires siliceux pouvant donner des chaux hydrauliques sont beaucoup moins répandus dans la

nature que ceux qui renferment de l'alumine unie à la silice, que les calcaires argileux en un mot.

Ces derniers produisent des chaux plus liantes et d'un emploi plus commode, mais la théorie indique que les réactions chimiques sont nécessairement plus compliquées qu'avec les chaux siliceuses, et plus difficiles à régulariser. Le succès de la chaux du Theil, dans la Méditerranée, confirme les prévisions théoriques exposées dans la première partie de ce mémoire.

Chaux du Theil. — Cette chaux, employée à la Ciotat depuis 1838, et à Marseille quelques années après pour la confection de bétons immergés sous l'eau et de blocs artificiels, a toujours donné d'excellents résultats (1), bien que la proportion de silice qu'elle contient ne soit pas suffisante pour la faire classer parmi les chaux éminemment hydrauliques.

Les calcaires de la carrière Havin-Lafarge (2), la plus anciennement exploitée, renferment des quan-

---

(1) M. Pascal, ingénieur des ponts et chaussées à Marseille, vient de visiter avec le plus grand soin tous les mortiers du port et principalement les plus anciens. Il nous écrivait, le 14 juin 1856 : « Je suis descendu moi-même dans le scaphandre, » jusqu'à 13 mètres au-dessous de l'eau, pour visiter les blocs » artificiels, surtout les plus anciens qui datent de neuf ans. » Ceux à l'extérieur, les seuls que j'ai pu voir, sont couverts » d'une très-belle végétation et les arêtes en sont parfaitement » vives. Un trou que j'ai eu occasion de faire creuser dans la » jetée m'a permis de visiter un bloc sous l'eau qui n'avait pas » de traces de végétation, vu l'absence complète de lumière, » et qui était très-dur et parfaitement intact; ce bloc pouvait » avoir sept ans. J'ai enfin visité les bétons à immersion im» médiate pouvant dater de sept à huit ans; ces bétons sont » également intacts, mais on trouve en avant, non pas une » végétation marine, mais un vrai dépôt de serpules anhélides. » Ces dépôts ont jusqu'à $0^m,35$ d'épaisseur. Partout des bétons » intacts. »

(2) Tableau A.

tités de sable fin et d'argile variant depuis 12 jusqu'à 17 p. 100 (1).

La chaux du Theil contient donc une énorme quantité de chaux libre qui se dissout en partie après l'emploi, tandis que le reste se carbonate et protége les mortiers contre la décomposition (2).

La carrière Havin-Lafarge, située sur la rive droite du Rhône, près du village du Theil, est exploitée sur un développement de 300 mètres environ de longueur et 40 mètres de hauteur.

Nous avons choisi sur place, et parmi les différents bancs, les neuf échantillons (3) dont l'analyse se trouve dans la première partie du mémoire. Ils donnent une idée assez exacte des produits que peut fournir la carrière. Bien que les proportions de sable fin et d'argile varient depuis 12 jusqu'à 17 p. 100, la chaux du Theil n'a pas cessé de donner à Marseille d'excellents résultats. On doit donc en conclure que le succès des matières hydrauliques ne dépend pas de l'exactitude parfaite de certaines proportions. La carrière Havin-Lafarge donne l'idée des limites entre lesquelles peuvent varier ces proportions et de ce que l'on doit appeler en pratique une carrière homogène. Nous dirons même, en la com-

(1) On rappelle ici que M. Vicat donne les types suivants :

Les chaux moyennement hydrauliques sont produites par des calcaires contenant 11 p. 100 d'argile;

Les chaux moyennement hydrauliques ordinaires sont produites par des calcaires contenant 17 p. 100 d'argile;

Les chaux éminemment hydrauliques sont produites par des calcaires contenant 20 p. 100 d'argile.

(2) Voir les analyses des blocs de Marseille, tableau C, et la discussion relative à ces mortiers dans la première partie du mémoire.

(3) L'échantillon marqué FM provient d'un banc réputé mauvais, situé à 100 mètres de la carrière et qu'on n'exploite pas.

parant à toutes celles que nous connaissons, que son homogénéité est très-remarquable (1). Grâce à cette qualité, on est certain d'obtenir, dans les mêmes conditions d'emploi, des résultats aussi favorables que ceux constatés jusqu'à ce jour.

La chaux de Senonches, par exemple, qui jouissait autrefois d'une grande réputation l'a complétement perdue à cause de son irrégularité.

Les analyses qu'on en donne se rapportent évidemment aux meilleurs bancs. Elles indiquent une chaux siliceuse très-hydraulique, mais si l'on observe que depuis les bancs inférieurs, qui produisent des chaux éminemment hydrauliques, jusqu'aux bancs supérieurs dont les chaux sont faiblement hydrauliques et quelquefois même grasses, on trouve des bancs de compositions très-variées, on comprendra qu'il est impossible de compter sur la régularité de ses produits.

Les calcaires de Fécamp sont encore un autre exemple d'hétéréogénéité très-sensible, surtout pour les bancs n[os] 7, 8, 9 et 10 (tableau B, 1[re] partie). Bien qu'ils soient placés immédiatement au-dessus les uns des autres et que leur hauteur ensemble ne soit que 1[m],40, leur composition est tout à fait différente.

Expériences faites au Havre. — Tous nos mortiers d'expériences sur les différentes chaux et ciments ont été immergés dans des cuves en maçonnerie dont on renouvelait l'eau tous les huit jours. Il est regrettable que la disposition des lieux ne nous ait pas permis de le faire au milieu de la mer, dans un emplacement où ils

(1) Les autres carrières du Theil paraissent être dans des conditions analogues. Quand nous les avons visitées en 1852, elles n'étaient exploitées que depuis peu de temps, et leur développement était bien moins considérable que celui de la carrière Havin-Lafarge.

auraient pu rester constamment couverts par l'eau (1). Les essais dans les cuves permettent cependant d'étudier les phénomènes produits par l'eau de mer (2) et servent à indiquer le genre d'expériences définitives qu'il y aura lieu de répéter en mer libre, afin de confirmer ou modifier les conséquences déduites de celles des cuves.

Les résultats des expériences sur les chaux et les mortiers du Theil sont consignés dans les tableaux F et G.

Bien qu'ils ne prouvent pas d'une manière absolue que la chaux du Theil ne réussirait pas dans la Manche, il y a cependant de très-fortes présomptions pour supposer qu'elle n'y résisterait pas comme dans la Méditerranée.

Nous ne pouvons pas en tirer une conclusion plus positive, parce que :

1° Les essais ont été faits dans des cuves ;

2° La chaux envoyée du Theil pour les essais n°s 1, 2, 3 et 4 était évidemment d'une qualité inférieure, ce qui montre, pour le dire en passant, combien on se rend peu compte sur les carrières de la valeur réelle des produits.

3° La chaux des autres essais du tableau F était

(1) Des expériences dans ces conditions seraient faciles dans les ports où la basse mer ne descend pas au-dessous du pied des jetées, murs de quai, etc. ; mais dans les localités comme le Havre, il faudrait construire en mer des installations spéciales assez compliquées.

(2) Nous avons cru remarquer que les mortiers des cuves se décomposaient un peu plus vite que ceux placés à peu près en mer libre. Nous tenons également de M. Pascal que des mortiers du Theil immergés à Marseille dans des cuves depuis cinq ans se comportent encore très-bien ; ce qui paraîtrait prouver que leur influence n'est pas en définitive très-différente de celle de la mer libre.

éteinte depuis près de deux ans, et n'était pas dans les mêmes conditions d'emploi qu'à Marseille (1).

4° Les bétons de Marseille sortis de l'eau et desséchés pendant quinze jours avant leur réimmersion au Havre ne se trouvaient pas dans les conditions où ils eussent été si on avait fabriqué les blocs au Havre.

Cependant l'ensemble de ces faits, joints aux considérations théoriques développées dans notre première partie, donnent tout lieu de penser que les mortiers du Theil ne réussiraient pas au Havre à cause de la trop forte proportion de chaux libre qu'ils contiennent.

La différence d'action des eaux de la Méditerranée et de la Manche ne peut d'ailleurs pas être contestée après les expériences faites sur les blocs de Marseille réimmergés dans les mêmes circonstances à Marseille et au Havre.

On remarquera que les hydrates nos 7 et 13 immergés après *dessiccation* à l'air, se sont décomposés, l'un après *quarante-huit heures*, l'autre après *une heure* d'immersion, tandis que les mêmes hydrates immergés *de suite après la fabrication* se sont conservés intacts pendant au moins *quatorze mois*. Les nos 6 et 12 sont même encore aujourd'hui (après vingt-trois mois) en bon état.

Les deux hydrates nos 11 et 14 qui ont fait prise *sous un linge entretenu humide* sont également bien conservés après *vingt-trois mois* d'immersion.

Tous les mortiers ou hydrates que nous avons faits

---

(1) Cette chaux était restée pendant vingt-trois mois sous un hangar dans une caisse simplement recouverte de planches. Si elle eût été gardée en grande masse et moins exposée à l'air, nous considérerions sa conservation comme une circonstance favorable.

avec d'autres chaux que celle du Theil ont donné des résultats analogues. C'est donc un fait général dont il faut conclure que les actions chimiques qui s'opèrent pendant la dessiccation sont différentes de celles qui ont lieu dans le cas d'une immersion immédiate ou sous l'influence d'une simple humidité.

Tous ces faits ont une importance pratique sur laquelle nous reviendrons en parlant de l'exécution des maçonneries.

Chaux argileuses. La plupart des chaux hydrauliques en usage doivent être rangées dans la catégorie des chaux argileuses. Elles donnent des mortiers plus gras.

Elles ont moins bien réussi que les chaux siliceuses dans les expériences faites au Havre, mais on ne peut en conclure qu'elles leur soient inférieures, car la théorie indique que leur prise donne lieu à des réactions compliquées et qu'elles exigent, à l'emploi, des précautions spéciales dont les chaux siliceuses peuvent se passer. On ne pourra se prononcer à leur égard qu'après avoir fait des expériences, dans les conditions et avec les soins dont nous avons constaté la nécessité.

Chaux de la Hève. — On emploie exclusivement au Havre depuis 1835 la chaux moyennement hydraulique de la Hève.

La proportion d'argile contenue dans le calcaire varie entre 8 et 11 pour 100. Sa composition moyenne est de :

Argile.	0,095
Oxyde de fer.	0,040
Carbonate de chaux.	0,830
Eau et matières organiques. . .	0,035
	1,000

Du mortier de chaux de la Hève et sable immergé dans des cuves fait prise au bout de dix à treize jours, se

recouvre d'une couche de carbonate de chaux, durcit progressivement et après huit mois environ d'immersion il se décompose.

Quand l'immersion n'a lieu qu'après dessiccation à l'air pendant quatre ou cinq jours, la décomposition commence au bout de *quelques heures* et le mortier ne peut plus porter l'aiguille.

Si on attend quinze ou vingt jours avant d'immerger, la décomposition ne se manifeste qu'au bout de huit à dix mois. Enfin, dans le cas où la dessiccation à l'air dure plus longtemps, la décomposition est plus tardive, mais finit toujours par avoir lieu.

La mise à sec du bassin Vauban vient de nous donner l'occasion de visiter des maçonneries qui datent de quinze ans et qui ont été entièrement faites et rejointoyées avec du mortier de chaux de la Hève composé de :

1 volume de sable
0.55 — *id.* — de chaux en poudre.

La partie inférieure des murs est parementée en briques. La plupart des joints sont en parfait état, et leur surface, lisse comme au premier jour, est seulement beaucoup plus dure par suite de l'existence d'une couche de carbonate de chaux.

On observe cependant un certain nombre de joints dégradés sur 4 ou 5 centimètres de profondeur au plus. La détérioration paraît avoir eu lieu au moment de la mise de l'eau dans le bassin, car aujourd'hui la surface dégradée est *extrêmement dure*, *grâce à une enveloppe de carbonate de chaux* assez souvent recouverte de coquillages. *Le mortier sous la croûte est tout à fait mou* jusqu'à 2 ou 3 centimètres de profondeur. Plus loin le mortier est d'assez bonne consistance.

Le mortier des joints de pierres de taille est généralement en bon état. Mais celui qui a servi pour la pose

des pierres est toujours mou. Partout où le rejointoiement a disparu le mortier en arrière est complétement décomposé. Nous reviendrons sur ce fait en parlant de l'exécution des maçonneries.

Une tranchée faite dans la partie supérieure d'un des murs de quai, et qui a presque atteint le milieu de sa hauteur, a mis à découvert des mortiers d'intérieur en très-bon état.

Si les mortiers de chaux de la Hève réussissent très-bien dans les bassins, il n'en est pas de même dans l'avant-port. Ceux des pierres de taille ont généralement disparu, excepté sur les points où des rejointoiements en ciment ont été faits avec soin et même alors ils sont mauvais. Les mortiers des massifs sont peu consistants et tout à fait mous au contact avec l'eau.

Ce mauvais état des mortiers doit être principalement attribué à ce que les différentes alternatives de pression, produites par la marée et l'agitation de l'eau, empêchent la formation d'une couche de carbonate de chaux qui protége si bien les mortiers du bassin Vauban. Il faut aussi dire que l'eau de l'avant-port doit être bien moins chargée d'acide carbonique que celle des bassins qui reçoivent des quantités de débris de matières végétales et animales.

Du mortier composé de 0m,65 de chaux de la Hève en poudre et 1 mètre de sable a servi à faire sur le poulier du sud une maçonnerie placée dans les mêmes conditions que celle du n° 17, tableau F. Il s'est décomposé au bout de douze à quatorze mois. Des plaques de mortier de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, revêtues à l'extérieur d'une croûte de carbonate de chaux, se détachent successivement et mettent à nu du mortier mou au-dessous duquel on retrouve le mortier dur.

En résumé, l'examen des mortiers placés dans les

conditions les plus diverses, c'est-à-dire, dans les cours, les bassins, et enfin sur le poulier du sud, met en évidence ce fait auquel nous attachons une grande importance, savoir : que partout *une couche de carbonate de chaux a une tendance plus ou moins forte à se former à la surface des mortiers, et que des eaux tranquilles et très-chargées d'acide carbonique comme celles des bassins lui permettent de se développer à un tel point qu'elle peut protéger des mortiers tout à fait ramollis.*

Les observations faites sur les maçonneries dont nous venons de parler et sur toutes celles que nous avons été dans le cas d'examiner, font bien voir que les mortiers ne sont jamais attaqués que par la surface qui commence par se ramollir et finit souvent par tomber en boue. Cette boue, ou dans d'autres circonstances, de la vase, empêche le contact direct et renouvelé de l'eau avec le mortier encore dur et les progrès de la décomposition sont notablement ralentis, souvent même arrêtés.

Cet effet préservateur de la vase explique la conservation de bien des maçonneries exposées à la mer et doit rassurer sur la solidité de celles qu'on ne peut pas visiter mais qu'on sait défendues, par exemple, par des enrochements dont l'intérieur doit nécessairement être envasé à partir du point où les courants et l'agitation n'ont plus d'action sensible.

Nous avons dû naturellement nous étendre longuement sur les mortiers de chaux de la Hève, puisque ce sont ceux que nous avons été dans le cas d'observer le plus constamment et avec le plus de détails. Tout ce que nous venons de dire peut d'ailleurs s'appliquer aux autres chaux hydrauliques en observant que les effets de décomposition seront plus ou moins sensibles suivant la qualité des chaux.

Chaux artificielles.

Dans les localités où il n'existe pas de chaux hydrauliques on les remplace souvent par des chaux artificielles obtenues en cuisant un mélange de calcaire ou de chaux avec de l'argile.

Si on se contente de broyer le calcaire avec l'argile et de cuire le mélange préalablement séché et mis en pains, la chaux est dite à simple cuisson.

Lorsque le calcaire est d'abord transformé en chaux et mélangé ensuite avec l'argile on obtient de la chaux à double cuisson.

Les chaux à double cuisson passent pour être meilleures que celles à simple cuisson et elles le sont effectivement, mais cela doit surtout tenir à ce que, pour obtenir de bons produits, il faut arriver à un mélange intime des matières qu'on obtient plus facilement avec de la chaux cuite qu'avec du calcaire.

Comme on est maître des proportions du mélange, on peut obtenir des chaux artificielles aussi hydrauliques qu'on le désire et qui, si elles sont faites avec soin, donneront d'aussi bons produits que les calcaires naturels.

Les précautions et les soins qu'il faudra prendre pour les fabriquer en rendront le prix assez élevé. On ne pourra d'ailleurs avoir une confiance absolue que dans ceux qu'on aura fait fabriquer sous ses yeux.

Jusqu'à présent on s'est toujours servi d'argile pour fabriquer les chaux artificielles, mais du moment où il est constaté que les chaux siliceuses réussissent très-bien à la mer, on doit chercher à en reproduire artificiellement.

Il sera facile d'y arriver en mélangeant avec des chaux grasses du silex pulvérisé. Des essais faits au Havre ont donné d'excellents résultats. De simples hydrates fabriqués avec des proportions variables depuis

0,50 jusqu'à 4 de chaux en poudre pour 1 de silex, ont fait prise dans des délais de trois à vingt jours et résistent parfaitement bien depuis vingt-deux mois à l'immersion dans des cuves. Ils y ont acquis une dureté souvent égale et quelquefois très-supérieure à celle du ciment de Portland immergé depuis un ou deux mois.

Il serait donc tout à fait rationnel d'organiser sur une grande échelle et de diriger dans cette voie des essais de mortiers pour les travaux des ports de mer. On le ferait avec d'autant plus de raison que la seule chaux qui ait réussi jusqu'à présent à la mer est une chaux purement siliceuse.

En mettant ainsi de la silice pure en présence d'une chaux grasse, les réactions chimiques seront on ne peut plus simples et les produits très-réguliers (1).

De pareilles chaux artificielles remplaceraient avec avantage les ciments à prise lente.

Les ciments naturels ou artificiels proviennent de la cuisson d'un mélange suffisamment homogène de calcaire et d'argile. Mortiers et ciments.

Les combinaisons et les réactions qui accompagnent et suivent la prise sont différentes suivant la proportion de chaux libre qu'ils renferment et le degré de cuisson qu'ils ont subi. Elles sont exposées en détail dans la première partie du mémoire. Nous rappellerons seulement que l'hydratation de l'aluminate de chaux, et principalement celle du silicate de chaux, formés tous les deux par voie sèche, déterminent la prise qui est plus ou moins rapide, suivant que le ciment contient

(1) Le silicate de chaux n'étant pas fusible, un excès de cuisson n'aura aucun inconvénient. C'est une grande facilité pour la fabrication.

une plus faible ou une plus forte quantité de chaux libre et qu'il a été moins ou plus chauffé.

Les ciments ne peuvent pas s'éteindre comme les chaux. Pulvérisés et gâchés, ils prennent sous l'eau en quelques minutes ou quelques heures, tandis qu'il faut toujours plusieurs jours aux meilleures chaux hydrauliques pour se solidifier.

Influence du sable. — Les ciments s'emploient purs ou mélangés avec du sable.

Le sable diminue la vitesse de prise et la résistance à la rupture. Quand il est fin, ces effets sont encore plus marqués qu'avec du gros sable (1).

Le sable diminue le retrait des ciments en s'opposant mécaniquement au rapprochement des éléments dont l'hydratation se complète un certain temps après l'emploi. Il en résulte des vides et les mortiers sont plus poreux qu'avec du ciment pur.

Influence de l'eau. — Les ciments gâchés avec l'eau de mer prennent moins rapidement à l'air ou sous l'eau que ceux gâchés à l'eau douce. La résistance à la rupture des premiers est d'abord plus faible, mais ces différences disparaissent plus tard.

Les ciments qui font prise et restent *à l'air* présentent au bout de quelques jours plus de résistance à la rupture par extension que les ciments *immergés*. Mais la résistance des derniers augmente rapidement, et après un ou deux mois elle est *plus considérable* que celle des ciments restés à l'air. Cela prouve que les maçonneries de ciment ne doivent pas rester exposées

(1) La résistance à la rupture des mortiers faits avec du gros sable est plus grande pendant les premiers mois qui suivent l'immersion. Nous ignorons si plus tard cet effet continue.

à l'air, mais qu'on doit les recouvrir d'eau aussitôt qu'elles sont faites.

Si les ciments *non immergés* sont recouverts d'un *linge humide*, leur résistance s'en trouve *augmentée*. Nous avons eu déjà l'occasion de constater la bonne influence d'une prise à l'humidité à propos des mortiers du Theil.

Lorsque des ciments ayant durci *à l'air* pendant plusieurs mois sont ensuite immergés, leur résistance *commence par diminuer et augmente ensuite.*

C'est encore un fait du même ordre qui tend à prouver que pour les ciments (et certainement aussi pour les autres mortiers) on doit chercher à placer dès l'abord les maçonneries dans les mêmes circonstances où elles se trouveront plus tard.

Les blocs de la digue de Cherbourg fabriqués depuis sept ou huit ans avec des ciments de différentes espèces se conservent en parfait état. Ils ont été faits sur place au niveau des mi-marées. L'état d'humidité dans lequel ils ont été entretenus nous paraît être une condition favorable au succès.

Nous avons supposé jusqu'ici qu'on gâchait le ciment avec la quantité d'eau simplement suffisante pour obtenir une consistance convenable pour maçonner; mais chaque fois que la chose est possible, il convient d'employer le ciment pur en coulis, c'est-à-dire avec un grand excès d'eau. En se solidifiant il rejette l'eau inutile pour l'hydratation, et sa texture est beaucoup plus compacte que si on le gâchait à la consistance ordinaire : on dirait que, livrées à elles-mêmes dans un milieu plus liquide, les molécules s'y arriment mieux. Elles sont aussi mieux mouillées et entraînent peu d'air avec elles. Par ce double motif les mortiers sont moins poreux.

La supériorité du gâchage avec excès d'eau est surtout vraie avec les ciments à prise lente, comme ceux de Portland, dont nous parlerons un peu plus loin. On ne peut y avoir recours qu'avec du ciment pur, parce que le sable qu'on y mêlerait ne manquerait pas de se séparer. On doit employer pour la fabrication des mortiers de ciment mélangé de sable autant d'eau qu'on pourra le faire sans que cet effet se produise.

Ciments naturels. Les ciments naturels proviennent de la cuisson des calcaires argileux. Ils ne contiennent qu'une très-faible proportion de matières inertes et très-peu de chaux non combinée. Leur vitesse de prise dépend de la température de la cuisson et de la proportion des matières inertes et de la chaux libre.

Employés dans les maçonneries, ils se recouvrent d'une couche mince de carbonate de chaux, qui contribue beaucoup à leur solidité. On doit donc rechercher pour les travaux à la mer les ciments qui contiennent assez de chaux libre pour que ce résultat soit produit facilement.

Les ciments naturels employés à la mer ont donné de bons résultats. On se l'explique en songeant qu'ils contiennent bien plus de matières actives que les chaux hydrauliques et moins de matières nuisibles quand ils sont bien préparés. Leur prise est rapide et complète, de sorte qu'avec des ouvriers ayant l'habitude de les employer, on obtient des mortiers promptement solidifiés sur lesquels la mer doit avoir peu d'action.

La rapidité de prise des ciments est un inconvénient pour certains travaux. La théorie indique qu'en les mélangeant et les laissant digérer avec une petite quantité de chaux, on obtiendrait une prise lente et une solidification parfaite. Avant de recourir à ce pro-

cédé, il y aurait lieu de faire des expériences nombreuses et suivies.

Ciments artificiels. — On peut reproduire artificiellement les ciments aussi bien que les chaux hydrauliques. Étant maître de leur composition, on a cherché à leur donner les avantages dont ne jouissent pas les ciments naturels, c'est-à-dire une prise lente et plus de dureté. On a été ainsi conduit à fabriquer des ciments dits *de Portland* (1). Les premiers ont été faits à Londres en 1845. Ils sont employés en grand à Cherbourg depuis 1849, et partout ils ont donné de bons résultats.

Il en existe aujourd'hui plusieurs fabriques en Angleterre, et il vient de s'en monter une à Boulogne-sur-Mer.

On fabrique le ciment anglais en mélangeant de l'argile avec de la craie, de manière à faire une bouillie bien liquide que l'on bat constamment avec un courant d'eau qui entraîne dans les bassins les matières supérieures, et par conséquent les plus ténues.

On décante, sèche, cuit *fortement* et pulvérise.

A Boulogne on mélange de la craie argileuse qui ne contient pas une quantité suffisante d'argile avec de la craie qui en contient un excès, et on fabrique ensuite comme en Angleterre.

Dans les deux cas on cherche à obtenir un mélange aussi intime que possible, condition essentielle pour obtenir des produits de bonne qualité et réguliers.

Nous avons expliqué dans notre première partie les différences qui existent au point de vue chimique entre

(1) On leur a donné ce nom dans l'origine à cause d'une ressemblance de couleur avec la pierre de taille de Portland.

les ciments naturels et ceux de Portland. Elles consistent principalement en ce que :

1° Les ciments de Portland contiennent une très-forte proportion de silicate de chaux et d'alumine, tandis que les ciments modérément cuits et à prise rapide en contiennent très-peu ;

2° Ils renferment également une notable quantité de chaux libre, et les autres une très-faible ;

3° La forte cuisson à laquelle ils sont soumis ne permet pas aux silicates de s'hydrater aussi facilement que dans le cas d'une cuisson modérée. Il en résulte après la prise des réactions différentes.

Ces circonstances expliquent la lenteur de prise des ciments de Portland. C'est un grand avantage pour certains travaux, et comme ils acquièrent ensuite plus de dureté que les ciments à prise rapide, tels que ceux de Vassy, Pouilly, Boulogne, etc., il est facile de comprendre les services qu'ils peuvent rendre et la réputation qu'ils ont acquise.

L'emploi des ciments de Portland exige certaines précautions, et faute de les avoir prises, les mortiers se fendillent quelquefois après l'immersion. On va comprendre, en effet, que si de pareils ciments sont employés immédiatement après la fabrication, ils s'altèreront presque inévitablement. D'abord la chaux libre aura de la peine à s'éteindre complétement avant la prise du ciment ; ensuite la transformation du silicate de chaux et d'alumine en silicate de chaux et aluminate de chaux, qui se fait toujours avec lenteur, exige surtout du temps quand le ciment est nouvellement cuit, et aura donc lieu après la solidification du mortier. Or ces diverses réactions entraînant toujours avec elles des changements de volumes, on comprend qu'il puisse

en résulter dans les mortiers des altérations graves (1). C'est pour les éviter que les fabricants ne mettent le ciment de Portland en barils et ne le livrent à la consommation qu'après un séjour plus ou moins long en magasin. La précaution est bonne, mais elle peut être insuffisante ou négligée. Il convient donc de ne l'employer qu'après l'avoir gardé assez longtemps en grand tas sur les travaux dans des magasins qui ne soient ni trop secs ni trop humides (2). Sous l'influence d'une légère humidité (celle de l'air de mer dans les climats du Nord paraît suffisante), la chaux libre s'hydratera et transformera lentement le silicate de chaux et d'alumine en silicate de chaux et aluminate de chaux, combinaison définitive à laquelle il faut toujours arriver et qu'on doit par conséquent chercher à obtenir avant la fabrication du mortier. Tous les composés hydrauliques n'auront plus alors qu'à s'hydrater au moment de l'emploi; la prise du ciment sera plus régulière et sa stabilité plus assurée.

On comprend maintenant que l'emploi du ciment de Portland avec un grand excès d'eau présente de grands avantages, en ce qu'il facilite toutes les réactions dont nous venons de parler.

Un essai en grand exécuté au Havre, donnera l'idée de ce mode d'emploi et du succès qu'il a obtenu.

Il s'agissait d'arrêter des filtrations d'eau passant sous les pierres de taille d'un radier d'écluse. La surface du béton sur lequel elles reposaient s'était décomposée sous l'influence de l'eau de mer; les galets n'é-

---

(1) Nous mettons de côté la possibilité d'un défaut de fabrication toujours à redouter avec les produits artificiels.

(2) C'est ce que l'on fait maintenant, nous assure-t-on, pour les travaux du port de refuge de Douvres.

taient plus liés par le mortier, et il fallait reconstituer du béton solide à la place de celui que la mer avait détruit : on pensa au ciment de Portland.

Une expérience préparatoire fit voir qu'en gâchant ce ciment très-mou, en coulis, on obtiendrait un bon résultat.

On mit dans une caisse, de 2 mètres de longueur et $0^m,70$ de largeur, une couche de galet, de $0^m,10$ d'épaisseur, recouverte de madriers chargés de poids. A l'une des extrémités était monté un tube vertical, de $0^m,04$ de diamètre et $5^m,30$ de hauteur, terminé par un entonnoir où l'on versa un coulis de ciment de Portland fait avec 2 parties d'eau pour 5 de ciment.

En démontant la caisse, on trouva que le ciment avait pénétré au travers du galet jusqu'à l'extrémité de la caisse, et l'avait transformé en un béton excellent, plus compacte qne n'auraient pu le fabriquer des maçons sur un chantier.

On se décida alors à faire des injections de coulis sous les pierres du radier, qui furent percées à la barre à mine pour recevoir les tubes. Le coulis se répandait dans les vides et finissait par déborder sur le radier, où il se solidifiait sous forme de plaques très-compactes et adhérentes aux pierres de taille.

En rompant par extension des briquettes taillées dans ces plaques et conservées dans l'eau de mer, on a obtenu les excellents résultats consignés ci-dessous.

APRÈS une immersion	POIDS DE RUPTURE par extension (par centimètre quarré).
	kil.
de 15 jours. . . .	9.16
de 1 mois 1/2 . .	14.58
de 4 mois 1/2 . .	16.42

On aura une idée de la résistance que représentent ces chiffres, en songeant que celle des ciments de Portland, de la digue de Cherbourg, telle qu'on l'a déduite d'un grand nombre d'essais sur des briques fabriquées dans le laboratoire, pour constater la qualité des ciments au moment de leur réception, est de 18k,70 après un mois et demi d'immersion. Il suffit, d'après le marché, de 12 à 13 kilogrammes pour que le ciment soit recevable.

D'autre part, la résistance à la rupture de la pierre de taille de Ranville (1) varie de 10 kilogrammes à 12 kilogrammes dans le sens des lits, et de 15 à 20 kilogrammes quand la cassure a lieu perpendiculairement aux lits. On peut donc la considérer comme égale à celle des coulis de ciment de Portland âgés de deux à trois mois; mais tandis que la résistance de ceux-ci augmentera toujours avec le temps, celle du Ranville sera stationnaire, ou même diminuera en cas d'immersion.

Le ciment employé pour les injections avait été passé à un tamis très-fin dans le but d'enlever les parties grossières et les petits grains vitrifiés qui, s'hydratant avec plus de lenteur que le reste, peuvent devenir une cause de décomposition qu'on doit écarter dès qu'il s'agit d'un travail de sujétion.

Creusés et passés au tamis fin, ces résidus font prise beaucoup plus lentement que le ciment lui-même, mais acquièrent au bout de plusieurs mois une dureté au moins aussi grande et peut-être même supérieure. On en jugéra par le tableau suivant.

(1) Pierre de médiocre qualité employée au Havre.

Durée de l'immersion au moment de l'essai de rupture.	Résistance a la rupture par extension (par centimètre quarré). Ciment de Portland anglais tamisé.	Résidus du tamisage écrasés et tamisés.	Observations.
	kil.	kil.	
36 heures.	3,80	0,76	Le ciment a pris sous l'eau en 42 minutes et les résidus en 24 heures. — Les anomalies que présentent certains résultats proviennent de ce qu'ils sont déduits d'une seule expérience.
5 jours.	7,01	6,79	
1 mois.	13,25	12,45	
2 mois.	17,55	16,30	
3 mois.	18,10	13.54	
4 mois.	14,84	20,51	
5 mois	17,75	15,81	
6 mois.	17,88	16,80	
7 mois.	18,34	20,70	
8 mois.	15.48	23,44	

L'extérieur des ciments immergés se recouvre d'une couche de carbonate de chaux, qui fait corps avec le mortier et diminue notablement sa perméabilité. On doit néanmoins faire disparaître le plus possible la porosité de la masse elle-même, et comme la texture des coulis est plus compacte que celle des mortiers faits à consistance ordinaire, on doit en répandre l'usage pour les travaux à la mer.

Tous les ciments naturels ou artificiels peuvent, après avoir fait prise, être recuits et transformés en ciment à *double cuisson*, où le mélange des matières sera plus intime et la combinaison plus parfaite. Le prix élevé des ciments ne permet pas de leur faire subir une pareille opération, aussi n'est-ce qu'une indication destinée à bien faire comprendre l'influence et l'effet des cuissons qui peuvent être répétées autant que l'on voudra. Elle pourrait cependant être utile dans certains cas. Il est arrivé, par exemple, que du ciment de Portland, mouillé dans un navire qui avait une voie d'eau, fit prise dans les barils. Pour en tirer parti, on eut l'idée de le recuire, et on obtint un ciment excellent, mais dont la prise, au lieu d'être lente, devint très-

rapide. Cette différence doit tenir à ce que la seconde cuisson, faite sans doute à température modérée, a fait agir l'excès de chaux libre sur le sable et l'argile que le ciment de Portland contient encore à l'état inerte.

Les mortiers de chaux et pouzzolanes diffèrent de ceux que nous avons examinés jusqu'ici, en ce qu'au moment de la fabrication, la silice et l'alumine doivent d'abord sortir des combinaisons où elles se trouvent dans les pouzzolanes pour se combiner avec la chaux sous l'influence de l'eau; tandis que dans les chaux hydrauliques et les ciments cette dernière combinaison est formée par la cuisson et n'a plus qu'à s'hydrater lors de l'emploi. Mortiers de chaux et pouzzolane.

On comprend donc que s'il est utile de recourir à une digestion convenable des mortiers dans le cas des chaux hydrauliques et même des ciments, c'est une condition *indispensable* pour le succès des pouzzolanes qui doivent être préparées avec bien plus de soin encore, pour que les réactions chimiques se fassent facilement, et autant que possible en même temps.

Les pouzzolanes d'Italie ont été employées par les Romains pour des ouvrages à la mer qui sont encore aujourd'hui dans un parfait état de conservation. Les Hollandais se sont également servi avec succès du traas (1) pour leurs travaux d'écluse.

Tous les essais de pouzzolanes naturelles ou artificielles faits dans ces derniers temps ont mal réussi.

On peut l'expliquer par bien des motifs.

D'abord on emploie aujourd'hui comme pouzzolanes

---

(1) Pouzzolane naturelle venant d'Andernach, sur les bords du Rhin. On la recevait en pierres et la pulvérisait en Hollande; de là le nom de traas de Hollande.

des matières qui doivent être différentes de celles dont se servaient les anciens. Les carrières peuvent avoir changé, et dans tous les cas elles manquent d'homogénéité. On doit supposer qu'autrefois les masses de pouzzolanes employées étaient moins considérables, et qu'on choisissait les gisements que l'expérience avait désignés comme les meilleurs.

Ensuite on a perdu la tradition du mode d'emploi. Les anciens avaient probablement recours à une longue digestion ou macération préalable. Mais elle exige beaucoup de soins, des dispositions spéciales, des chantiers, et coûte cher. On a dû commencer par en réduire la durée, et à force de supprimer des précautions dont on ne comprenait pas l'importance, on a fini par n'en plus prendre aucune et par fabriquer le mortier au moment même de l'emploi.

Bélidor décrivant la fabrication de bétons de pouzzolane d'Italie, qu'il avait vu faire à Toulon en 1748, parle d'une digestion préalable dont la durée variait de un à quatre jours (note 4).

Les Hollandais fabriquent encore aujourd'hui les mortiers de traas, en remaniant, plusieurs jours de suite avant l'emploi et sans aucune addition d'eau, le mélange de chaux, sable et traas.

S'il s'agit enfin de pouzzolanes artificielles, du ciment de tuileau, par exemple, très-employé il y a cent ans, c'est encore Bélidor qui nous apprend qu'on le remaniait et le laissait digérer pendant huit jours de suite (note 5).

Toutes ces précautions sont rationnelles, mais elles peuvent être insuffisantes, et des expériences complètes seraient nécessaires pour bien déterminer la durée des digestions et les conditions dans lesquelles elles doivent avoir lieu. Nul doute qu'on ne parvienne ainsi à obte-

nir des matières bien préparées pour l'emploi, qui permettront de faire, avec les bonnes pouzzolanes naturelles, des mortiers résistant à la mer. N'ayant été conduits que dernièrement à reconnaître l'influence de la digestion sur les matières hydrauliques, nous n'avons pu entreprendre que tout récemment quelques essais dont il faudra attendre les résultats avant d'être certain que ce que nous avançons aujourd'hui sans preuves est confirmé par l'expérience.

La grande distinction que nous avons dû faire tout d'abord, entre les mortiers de chaux hydrauliques et de ciments d'une part, et les mortiers de pouzzolanes de l'autre, finit donc par s'effacer. Toutes les matières hydrauliques sans exception doivent être préparées, soit par la cuisson, soit par la voie humide, de manière à former des composés qui n'aient plus qu'à s'hydrater lors de la confection et après l'emploi des mortiers.

Pouzzolanes naturelles. — Les mortiers de pouzzolanes d'Italie récemment employés dans la Méditerranée ont mal réussi. Des essais faits au Havre, soit dans des cuves, soit dans les travaux, ont encore eu moins de succès. Il va sans dire qu'ils ont tous été fabriqués immédiatement avant l'emploi, et par conséquent sans digestion préalable.

On a exécuté au Havre, en 1851, un radier en béton revêtu de briques posées de champ. Le mortier composé de volumes égaux de traas, chaux grasse et sable, a commencé par bien durcir; il s'est ensuite ramolli au bout de six à sept mois, et un an plus tard l'épaisseur du mortier décomposé dans les joints des briques était de $0^{m},01$.

Quand on enlève le revêtement on trouve le mortier du béton tout à fait décomposé sur $0^{m},01$ à $0^{m},03$ d'é-

paisseur par des eaux de sources et des suintements passant entre les briques et le béton. Plus bas le béton est en très-bon état et très-dur.

Ces mêmes mortiers de traas placés dans les cuves se sont décomposés un peu plus vite que ceux des travaux.

Arènes, psammites, sables mélangés d'argile. — Les arènes (1), les psammites (2) et en général tous les sables mélangés d'argile, doivent leurs propriétés hydrauliques à la présence du silicate d'alumine qui agit comme une pouzzolane naturelle faible. L'action de la chaux sur l'argile est partielle et très-lente. Si donc on mélange de la chaux *grasse* avec du sable contenant une quantité convenable d'argile, on obtiendra des mortiers plus ou moins hydrauliques dont le durcissement augmentera progressivement pendant des années. Si on emploie de la chaux *hydraulique*, les composés hydrauliques formés par voie humide feront prise longtemps après ceux formés par voie sèche et il pourra en résulter une désagrégation des mortiers. Ce danger pourra être bien diminué et peut-être même évité si on a soin de faire digérer le mélange avant l'emploi qui exigera comme on voit des précautions toutes spéciales, surtout s'il s'agit d'ouvrages à la mer.

Silex. —Le silex pulvérisé doit être considéré comme une bonne pouzzolane; mais étant plus difficilement attaquable par la chaux que la silice des pouzolanes naturelles, il faudra avoir recours à une beaucoup plus longue digestion.

Nous avons parlé au début de cette deuxième partie

(1) Sables de mine mélangés d'argile.

(2) Schistes argileux en décomposition que M. Avril, aujourd'hui inspecteur général des ponts et chaussées, eut l'idée d'employer pour remplacer le sable.

du mémoire de nos essais de mortiers de chaux *grasse* avec silex qui ont fait prise sous l'eau en huit jours. Tous ces mortiers se sont décomposés dans les cuves au bout de neuf à quinze mois, ce qui ne serait certainement pas arrivé s'ils eussent été soumis à une digestion préparatoire. Nous ne pouvons pas citer de fait à l'appui de cette assertion dont on n'aura la confirmation qu'en se livrant à des expériences faites avec les précautions que nous signalons.

En remplaçant la chaux grasse par la chaux moyennement *hydraulique* de la Hève nous avons obtenu des mortiers prenant en quatre jours et dont quelques-uns sont encore aujourd'hui en très-bon état, après deux ans d'immersion.

Bien que ces résultats soient plus favorables, les raisons que nous venons de donner à propos des sables argileux nous font penser que la stabilité future des mortiers sera plus assurée si l'on emploie des chaux grasses. Dans tous les cas, il faudrait soumettre les matières à une longue digestion ; et du moment où l'on a recours au silex, il vaut bien mieux en faire de la chaux artificielle, que de s'en servir comme pouzzolane.

Pouzzolanes artificielles. — Les pouzzolanes artificielles sont des argiles cuites pulvérisées. Toutes celles que nous avons vu employer contenaient de la chaux et n'ont pas réussi à la mer.

On a employé au Havre une pouzzolane, très-analogue à celle de Calais, faite avec de la terre à briques provenant d'anciennes alluvions marines.

La cuisson a pour effet de chasser une quantité d'acide carbonique d'autant plus grande que la température est plus élevée. La silice et l'alumine se combinent en partie avec la chaux, ce dont on peut se convaincre dans l'analyse par la proportion croissante de silice et

d'alumine que peuvent dissoudre les acides. On se rend bien compte de ces réactions en jetant les yeux sur le tableau ci-dessous.

Pouzzolane artificielle faite avec la terre à briques du Havre et soumise à différents degrés de cuisson.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
Silice rendue gélatineuse par les acides.	0,074	[illegible]	0,116	0,114	0,124	0,190	0,170	0,215
Alumine.	0,014	0,018	0,052	0,047	0,059	0,068	0,076	0,072
Oxyde de fer.	0,040	0,036	0,040	0,035	0,041	0,037	0,035	0,036
Chaux.	0,011	0,021	0,060	0,051	0,035	0,108	0,140	0,157
Carbonate de chaux. . .	0,296	0,264	0,210	0,233	0,200	0,052	0,021	0,023
Eau	0,018	0,023	0,033	0,025	0,021	0,023	0,024	0,021
Partie inattaquable aux acides, sable et argile.								
Silice et quartz.	0,472	0.452	0,420	0,441				
Alumine.	0,046	0,054	0,046	0,032	0,514	0,510	0,524	0,405
Chaux.	0,016	0,016	0,019	0,014				
	0,990	0,984	0,987	0,998	0,994	0,988	0,990	0,979
Acide carbonique. . . .	0,130	0,125	0,092	0,105	0,088	0,023	0,009	0,010

Ces échantillons de pouzzolane avaient subi des degrés de cuisson différents indiqués par des changements de teinte. On les avait classés avant l'analyse, d'après leur couleur depuis le n° 1, qui n'est pas assez cuit, jusqu'au n° 8 qui l'est trop.

La teinte rose qu'on cherchait à obtenir correspondait au n° 6. Les mortiers composés de 2 volumes de pouzzolane et 1 de chaux grasse faisaient prise en quatre ou cinq jours. Avec la chaux de la Hève ils prenaient en deux ou trois jours.

Soumis dans les cuves à l'immersion immédiate, ils se décomposaient dans des délais variant depuis quelques mois jusqu'à plusieurs années. Une brique a résisté pendant six ans.

Quand la pouzzolane était très-cuite la prise était plus lente et la décomposition plus tardive.

L'action d'une pouzzolane calcaire comme celle du Havre est de deux espèces distinctes.

La principale, celle qui détermine la prise rapide,

est due à l'hydratation des silicate et aluminate de chaux formés par voie sèche. La seconde résulte de la combinaison bien plus lente formée par voie humide, de la silice et l'alumine en excès sur la chaux ajoutée pour faire le mortier.

Les prises de ces divers composés hydrauliques ne pouvant pas avoir lieu en même temps, les mortiers seront nécessairement irréguliers et le plus souvent mauvais.

On comprend que si à ces causes d'irrégularités on ajoute celles qui proviennent des différences dans le mode de fabrication et d'emploi des mortiers, on a pu obtenir les résultats les plus contradictoires.

Nous avons déjà cité une brique restée intacte dans une cuve pendant six ans. Examinons maintenant des ouvrages faits avec cette pouzzolane.

Des sondes faites dans un radier en béton construit depuis huit ans ont mis à découvert tantôt du béton sans consistance, tantôt des mortiers en bon état. Les sources qui surgissaient dans la fouille au moment de la fondation doivent aussi avoir contribué à ces résultats.

Toutes les parties basses d'une écluse faite depuis sept ans avec des mortiers composés de :

0,60 chaux de la Hève en poudre ;
0,40 pouzzolane artificielle ;
0,60 sable,

paraissaient en très-bon état. Le mortier des joints était très-dur et le béton d'une risberme, placée en aval de l'écluse et recouverte de vase, était tellement bon qu'on avait beaucoup de peine à le piocher.

On était dans la plus profonde sécurité quand on vit tout à coup jaillir des filets d'eau entre les joints des pierres du radier. Ces filtrations augmentaient tellement qu'on eut recours pour les arrêter aux injections

de coulis dont nous avons parlé à propos du ciment de Portland.

Un examen détaillé et des sondes faites dans les maçonneries firent voir que le mortier des rejointoyements était bon sur quelques centimètres à partir du parement, et qu'en arrière celui qui avait servi à la pose des pierres de taille était décomposé et sans consistance.

Cette différence entre deux mortiers fabriqués en même temps et avec les mêmes matières ne peut s'expliquer qu'en observant que pour poser et ficher des pierres de taille souvent fort grosses on est obligé d'employer des mortiers moins fermes que ceux qui servent pour les jointoiements. Ces derniers, restés assez longtemps en contact avec l'air avant d'être recouverts par l'eau et recevant en même temps de l'humidité de l'intérieur des maçonneries, étaient dans de bien meilleures conditions pour résister à l'action de l'eau de mer qui, du moment où elle trouva la plus petite communication de l'amont à l'aval ne tarda pas, sous l'influence d'une pression dépassant quelquefois $7^m,50$ à se frayer un passage entre les pierres de taille et le béton. Cette eau en mouvement décomposait chaque jour davantage les mortiers.

Quant au bon état de la risberme d'aval il faut l'attribuer à la couche de vase qui préservait le mortier du contact direct et renouvelé de l'eau de mer.

Il est bien certain qu'on améliorerait notablement les mortiers de pouzzolanes en les soumettant à une digestion d'autant plus longue et plus soignée que les matières qui les composent sont plus hétérogènes et jouissent de propriétés plus diverses; mais nous ne pensons pas qu'on obtienne jamais des mortiers suffisamment résistants pour l'emploi à la mer.

Le *ciment de tuileau*, qui n'est autre chose qu'une pouzzolane calcaire très-cuite, a servi à faire les mortiers de pose des pierres de taille du mur d'enceinte de la Floride construit au Havre il y a soixante-dix ans. Bien qu'ils aient sans doute été fabriqués avec soin selon les préceptes de Bélidor, ils ne résistent que grâce aux rejointoiements et ne tardent pas à se décomposer dès qu'ils sont en contact direct avec l'eau de mer.

Les argiles réfractaires ne contenant pas de chaux, donneraient des pouzzolanes de meilleure qualité à cause de la plus grande simplicité des réactions.

§ III. — Exécution des maçonneries.

Du moment où il est constaté que l'imperméabilité des mortiers est une condition des plus importantes pour leur conservation, il devient indispensable que les maçonneries elles-mêmes soient également très-compactes.

On devra d'abord employer des matériaux, non pas simplement humectés, mais tout à fait humides, qui ne puissent pas enlever d'eau aux mortiers, et quand la maçonnerie sera exécutée, la prise devra avoir lieu sous l'influence de l'humidité, afin que l'hydratation des matières hydrauliques ait lieu avant la dessiccation des mortiers.

On sait, en effet, que les ciments restés à l'air acquièrent moins de dureté que ceux placés dans l'eau, et que si on les immerge ils perdent de la consistance et en reprennent ensuite. Tout cela indique, dans les différents états moléculaires par lesquels passent les ciments, des modifications peu favorables à la stabilité.

Quelque chose d'analogue, de plus grave même, a lieu avec les mortiers. Tous ceux que nous avons vu résister pendant plusieurs mois à l'immersion immédiate se décomposent au bout de quelques heures quand l'immersion est précédée d'une dessiccation à l'air pendant quatre ou cinq jours; or il arrive constamment dans la pratique que des maçonneries faites pendant l'été sèchent rapidement et sont recouvertes quelque temps après leur confection soit par l'eau, soit par des remblais humides. C'est évidemment une chance de décomposition qu'on doit chercher à éviter. A l'appui de ce qui précède on peut citer l'exemple des murs de quai du bassin Vauban, dont les maçonneries d'intérieur étaient, comme nous l'avons dit, en parfait état, tandis que le mortier en contact avec les remblais était décomposé sur une épaisseur de plusieurs centimètres.

Sous tous ces rapports, les conditions où se trouvent les maçonneries exécutées à la marée, nous paraissent meilleures que lorsque les travaux sont faits à sec. Les mortiers deviennent aussi plus compactes par suite du tassement qu'ils éprouvent sous l'eau.

Ces principes ont été récemment appliqués au Havre pour rendre imperméable un radier d'écluse. Le béton ordinaire a été revêtu d'une couche de béton de ciment, qu'on recouvrait d'eau de suite après la pose. Sur les talus on plaçait des nattes entretenues humides (1) (note 6).

On comprend du reste que nos conclusions ne sont pas absolues et qu'une dessiccation à l'air peut durer

(1) Nous sommes d'avis qu'on devrait prendre des précautions analogues pour les maçonneries destinées à rester à l'air.

assez longtemps ou avoir lieu dans des conditions telles, que la première combinaison, ou mieux encore le premier arrangement moléculaire qui se forme, soit assez stable pour résister très-longtemps ou même être indestructible (1), bien que ce ne soit pas celui qui aurait eu lieu dans le cas d'une prise à l'humidité. Cela est possible, mais cela n'est pas sûr. Il est plus rationnel et plus prudent de chercher à obtenir dès l'abord la solidification considérée comme la plus stable.

Les maçonneries de pierre de taille exigent des précautions spéciales à cause de la grosseur des matériaux et de la disposition de certains d'entre eux à absorber beaucoup d'eau.

On doit commencer par bien imbiber les pierres et les poser ensuite à plein bain de mortier. Le fichage doit être rigoureusement proscrit, parce qu'il oblige d'employer des mortiers trop mous.

L'imbibition complète des pierres de taille étant d'ailleurs une condition très-difficile à remplir et à surveiller, on aurait avantage à en faire la pose au moyen de coulis de ciments. Ce système, employé au radier de l'écluse dont nous parlions tout à l'heure, a bien réussi. Il devait être revêtu d'un dallage en pierres de taille calcaires de 0,50 d'épaisseur. Toutes les pierres qui avaient du reste de petites dimensions, sont restées immergées dans l'eau pendant douze heures avant l'emploi. Elles ont été posées sur une couche de mortier de ciment mélangé de sable, et on a versé dans les joints du coulis de ciment de Portland. Dès qu'une portion de radier était terminée, on la recouvrait d'eau. On a pu constater, en démolissant quelques pierres, que les

(1) Les blocs artificiels de chaux du Theil employés à Marseille en sont un exemple.

joints étaient parfaitement remplis d'un mortier très-compacte et bien adhérent aux pierres.

Quel que soit du reste le système employé, l'exécution de maçonneries de pierres de taille imperméables offre des difficultés réelles qu'on doit éviter en en restreignant l'emploi aux parties d'ouvrages où elles sont *indispensables*. Partout ailleurs on doit faire les parements avec des matériaux maniables, et principalement avec des briques dont l'adhérence parfaite au mortier est due en grande partie à l'action de la silice qu'elles contiennent toutes, et qui agit comme une pouzzolane plus ou moins énergique.

Certains moellons exercent aussi sur le mortier des actions chimiques incontestables. Nous citerons les moellons crayeux analogues aux calcaires de Fécamp. Bien que tendres et de mauvaise apparence, ils donnent, quand ils sont bien mouillés (1), d'excellentes maçonneries dont le mortier est intimement lié avec le moellon. L'action du silex disséminée dans la masse crayeuse contribue certainement à ce résultat.

§ IV. — Actions spéciales de l'eau de mer.

Nous n'avons eu en vue dans ce mémoire que les mortiers exposés à l'action de l'eau de mer; mais une grande partie de ce que nous avons dit peut s'appliquer aux constructions ordinaires avec d'autant plus de raison, que nous ne savons pas jusqu'à quel point des investigations complètes ne feraient pas découvrir des traces de décompositions produites par l'eau douce,

(1) Ainsi que cela a surtout lieu pour les travaux exécutés à la marée où les moellons sont approvisionnés d'avance et recouverts d'eau avant l'emploi.

avec moins d'énergie, bien entendu, que par l'eau de mer.

Quand on songe qu'il n'y a pas plus de dix ans qu'on s'aperçoit des altérations causées par l'eau de mer, il n'est pas possible d'affirmer que l'eau douce n'en produit pas d'analogues.

On ne les a observées à la mer que depuis qu'une confiance trop absolue dans les mortiers hydrauliques y a fait exécuter des maçonneries de béton en contact direct avec l'eau. Les anciens ouvrages étaient toujours défendus par des revêtements en pierres de taille bien entretenus ou par des charpentes. Ils étaient fondés sur des plates-formes en bois qui, si elles avaient l'inconvénient de faciliter le passage des filtrations, protégeaient du moins des mortiers très-compactes. On n'employait enfin que des mortiers bien préparés par une digestion préalable et faits avec des chaux grasses contenant assez de silice pour les faire durcir à la longue à l'abri des parements, tandis qu'aujourd'hui on fabrique avec moins de précaution des mortiers qui, à cause de l'alumine qu'ils renferment, exigeraient plus de soins et une plus longue digestion que les anciens mortiers de chaux grasses.

Il n'y a pas non plus très-longtemps qu'on fonde sur du béton directement exposé à l'action d'un courant d'eau douce, et on pourrait n'avoir pas encore pu remarquer des altérations qui, si elles existent, doivent être fort lentes.

Dans tous les cas, l'eau de mer exercera toujours des actions spéciales et énergiques qu'on n'aura pas à redouter avec l'eau douce.

Ces actions ne sont d'ailleurs pas les mêmes dans les différentes mers et doivent varier d'un port à l'autre. Elles dépendent de la composition de l'eau de mer,

très-variable surtout en ce qui concerne l'acide carbonique (1), de sa température, dont l'influence est si grande sur la puissance de formation des végétaux et coquillages sous-marins, et enfin du jeu des marées.

M. Ravier a constaté (2), et nos observations le confirment, que les mortiers immergés dans l'eau de mer sont plus promptement attaqués quand leurs formes sont anguleuses que lorsqu'elles sont arrondies. Toutes les décompositions observées au Havre commencent par les angles qui s'ouvrent et se fendent le long des arêtes. Ne pourrait-on pas en trouver l'explication dans le retrait subi par les mortiers tant qu'ils se solidifient? Que l'on se représente, en effet, une briquette de mortier ayant la forme d'une pyramide tronquée entourée à l'extérieur d'une couche dure de carbonate de chaux, et l'on comprendra que du moment où la masse diminue de volume, les faces se creuseront et l'enveloppe se brisera aux points faibles, c'est-à-dire dans les angles et le long des arêtes.

§ V. — Résumé des faits pratiques les plus importants.

Nous ne chercherons pas à résumer l'ensemble des considérations générales développées dans la deuxième partie de ce mémoire, mais nous croyons intéressant de relever plusieurs faits qui paraissent mériter une attention particulière à cause de leur importance pratique.

L'*homogénéité* et le mélange intime des matières premières hydrauliques est une condition indispensable

(1) L'eau de la Méditerranée est très-chargée d'acide carbonique, tandis que l'Océan et la Manche en contiennent très-peu.

(2) Dans son mémoire sur les mortiers d'Alger.

pour leur faire développer toutes leurs qualités et obtenir de bons mortiers.

Les calcaires de Fécamp, bancs n°s 9 et 10, en fournissent la preuve manifeste.

En cuisant ces calcaires, après un broyage destiné à en faire disparaître l'hétérogénéité, on a obtenu des chaux à prise rapide qui ont acquis sous l'eau une dureté trois ou quatre fois plus grande que les chaux produites par les calcaires non préparés.

Le *silex* pulvérisé cuit avec de la chaux grasse produit une chaux hydraulique d'excellente qualité.

Dans les essais exécutés au Havre depuis deux ans, elle a fait prise sous l'eau en trois ou quatre jours, et y a acquis une dureté comparable et quelquefois supérieure à celle des ciments de Portland immergés depuis un ou deux mois.

L'*enveloppe de carbonate de chaux* qui se forme à la surface de tous les mortiers est un grand protecteur contre l'action de l'eau de mer.

Ce moyen naturel et général de conservation a plus ou moins d'énergie suivant les localités.

Les mortiers du bassin Vauban, faits avec une chaux très-peu hydraulique, ont été tellement bien protégés depuis quatorze ans par cette enveloppe de carbonate de chaux, que nous n'hésiterions pas à recommander, comme suffisant dans un cas analogue, l'emploi de cette même chaux.

Une *digestion préalable* des matières hydrauliques sous l'influence de l'humidité prépare les actions chimiques et contribue essentiellement à la bonne réussite de tous les mortiers. Elle est plus ou moins indispensable, et doit durer longtemps quand on emploie des pouzzolanes.

Nous ne sommes pas en mesure de donner des preuves bien concluantes de ce que nous avançons, parce que nous n'avons été convaincus que tout récemment de la grande influence de la digestion sur la qualité des mortiers.

La digestion préalable n'est d'ailleurs pas un fait nouveau. On l'a supprimée parce qu'on n'en comprenait pas l'importance, mais il faut y revenir et l'améliorer en suivant à cet égard les indications de la chimie et les leçons de l'expérience.

La conservation en magasin des ciments de Portland, avant qu'ils ne soient livrés à la consommation, n'est autre chose qu'une digestion sous l'influence de l'air humide à laquelle les fabricants ont été conduits par l'expérience.

La nature des matières à employer dans chaque localité doit varier avec la composition de l'eau de mer et avec la situation et la nature des travaux.

§ VI. — Conclusions.

1° Les matières à employer pour les ouvrages à la mer doivent être composées de silice, alumine et chaux, ou mieux encore de silice et chaux seulement, dans des proportions convenables pour former le silicate de composition bien définie, qu'on retrouve dans tous les mortiers ayant résisté à la mer.

Elles doivent contenir une quantité de chaux libre variable avec la composition de l'eau de mer, et suffisante pour former vers la surface l'enveloppe protectrice dont il est question au paragraphe 3° ci-dessous.

2° Une composition chimique convenable des matières hydrauliques ne suffit pas pour donner de bons

mortiers. Il est indispensable qu'elles soient très-homogènes, afin que la plus grande quantité des matières soit utilisée, et que les combinaisons soient complètes et la prise régulière.

3° Les mortiers ne peuvent bien résister que s'ils sont protégés contre la pénétration de l'eau par une texture compacte et une enveloppe de carbonate de chaux.

La chaux libre est nécessaire pour former, par la combinaison avec l'acide carbonique de l'eau, l'enveloppe protectrice de carbonate de chaux.

Une enveloppe de coquillages, herbes marines, vase, etc., peut remplacer le carbonate de chaux et prévenir les décompositions.

4° Les procédés de fabrication des mortiers sont variables avec chaque espèce de matériaux.

Ils ont une influence considérable, la plus grande peut-être, sur leur résistance définitive.

Ces procédés doivent avoir pour but ;

De préparer les matières hydrauliques de manière à ce que les combinaisons chimiques qui doivent exister ultérieurement dans les mortiers parvenus à un état stable, soient achevées avant la fabrication des mortiers, et qu'elles n'aient plus qu'à s'hydrater au moment de l'emploi ;

De rendre les mortiers très-compactes et par conséquent peu perméables.

On ne peut y arriver, dans la plupart des cas, que par une digestion plus ou moins longue des matières et des mortiers sous l'influence de l'humidité.

5° On trouve rarement des matériaux naturels de

composition et d'homogénéité convenables pour produire des chaux hydrauliques résistant à la mer.

On peut les remplacer avec avantage par des chaux factices fabriquées avec du silex pulvérisé, et appropriées à chaque localité.

6° Les ciments ont donné jusqu'ici de bons résultats et rendent de grands services pour les travaux à la mer. Leur emploi exige des précautions spéciales.

7° On ne peut se servir de pouzzolanes naturelles qu'à la condition expresse que le mélange avec la chaux sera soumis avant l'emploi à une longue digestion.

Le mélange doit être fait avec des chaux grasses de préférence aux chaux hydrauliques.

8° Les pouzzolanes artificielles calcaires seront toujours d'un emploi difficile. On ne doit pas s'en servir pour les travaux à la mer, à cause de l'irrégularité des mortiers dans lesquels on les introduit.

Les pouzzolanes ne contenant pas de chaux doivent donner des produits plus réguliers.

9° Les actions destructives de l'eau de mer sont différentes suivant les localités.

On doit faire varier les compositions des mortiers avec la nature des eaux où ils doivent être employés, de manière à ce que la chaux libre soit en rapport avec la quantité plus ou moins considérable d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré contenus dans l'eau.

10° La préparation des matières et la fabrication des mortiers pour les ouvrages à la mer exigeront toujours des opérations et des soins qui en rendront le prix élevé,

mais on pourra en restreindre l'emploi aux parements directement exposés à l'action de l'eau.

11° Des expériences complètes et nécessairement longues, faites dans différentes localités et dans les circonstances où doivent se trouver les ouvrages, seront nécessaires pour résoudre les questions qui n'ont été que posées dans ce mémoire.

TABLEAU F. — *Expériences faites au Havre sur des mortiers de chaux du Theil.*

Numéros d'ordre.	DATE de la fabrication.	COMPOSITION des mortiers en volumes. Chaux (*a*).	Sable.	IMMERSION dans une cuve.	VITESSE de prise mesurée à l'aiguille Vicat.	TEMPS écoulé depuis l'immersion jusqu'à la décomposition.	OBSERVATIONS SUR LES DÉCOMPOSITIONS. État des mortiers à différentes époques.	État actuel des mortiers.	Caractères généraux des décompositions.
1	30 sept. 1852.	en poudre 0,75	1	Immédiatement après la fabrication du mortier. . . .	10 jours.	3 mois. 13 mois.	Un angle se fissure. Il s'entrouvre. . . .	La décomposition continue.	
2	*Id.*	0,75	1	Après dessiccation à l'air pendant 8 jours.	»	44 mois.	. . . .	Un angle s'ouvre.	
3	*Id.*	0,75	1	Après dessiccation à l'air pendant 1 mois.	»	»	. . . .	En bon état.	Les décompositions commencent toujours dans un angle, généralement un de ceux de la base. On commence par apercevoir une très-légère fissure qui s'agrandit et finit par s'ouvrir. Une croûte de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, durcie à l'extérieur par du carbonate de chaux et reposant sur une couche molle de quelques millimètres, se rebrousse
4	*Id.*	en pâte (*b*) 0,75	1	Immédiatement après la fabrication du mortier. . . .	14 jours.	3 mois.	. . . .	En bon état.	
5	19 juin 1854.	Hydrate de chaux »	»	*Id.*	13 jours.	»	. . . .	En bon état.	
6	1[er] juill. 1854.	*Id.*	»	*Id.*	40 jours.	»	. . . .	En bon état.	
7	*Id.*	*Id.*	»	Après dessiccation à l'air pendant 8 jours.	»	48 heures	Face supérieure se recouvre d'une couche soufflée et gercée dans tous les sens, molle en dessous.	Cette face, gonflée et soulevée de $0^m,01$, est tout à fait ramollie sur une épaisseur de $0^m,01$ à $0^m,015$.	
8	*Id.*	*Id.*	»	*Id.* pendant 1 mois.	»	10 jours.	. . . .	En bon état.	
9	12 juill. 1854.	*Id.*	»	Immédiatement après la fabrication	13 jours.	22 mois.	Un angle s'ouvre.	Deux angles sont ouverts, le mortier se ramollit aux angles et à l'un des côtés de la base.	

10	*Id.*	*Id.*	»	à l'air pendant 8 jours.	»	10 jours. 22 mois.	Deux angles s'ouvrent légèrement.	mortier se ramollit aux angles et à la base.	la fente. La surface du mortier mise à nu se décompose par ramollissement. Les hydrates se décomposent par grumeaux. Ceux des n°s 7 et 13 se sont décomposés d'une manière toute spéciale sur laquelle nous insistons dans le mémoire en faisant remarquer qu'il a suffi de faire prendre les hydrates à l'humidité pour empêcher la décomposition.
11	*Id.*	*Id.*	»	Après séjour à l'humidité (*c*) pendant 8 jours.	»	»	. . . .	En bon état.	
12	*Id.*	*Id.*	»	Immédiatement après la fabrication	15 jours.	»	. . . .	En bon état.	
13	*Id.*	*Id.*	»	Après dessiccation à l'air pendant 8 jours.	»	1 heure.	Éclate partout et se décompose.	En plus mauvais état que le n° 7; toutes les faces sont décomposées et en partie tombées.	
14	*Id.*	*Id.*	»	Après séjour à l'humidité pendant 8 jours.	»	»	. . . .	En bon état.	
15	20 mars 1855.	Chaux en poudre 0,60	1	Immédiatement après la fabrication	2 mois.	14 mois.	. . . .	Une croûte sur la face supérieure s'est fendue dans un angle; le mortier se ramollit.	
16	*Id.*	0,60	1	*Id.*	*Id.*	»	. . . .	En bon état; le mortier n'est pas très-dur.	
17	*Id.*	0,60	1	*Id.*, sur le poulier du sud (*d*).	»	14 mois.	. . . .	Le mortier à la surface est ramolli sur une épaisseur variant de 5 à 10 millimètres. Il est recouvert en certains points d'une croûte dure de carbonate de chaux qui s'enlève par plaques. A l'intérieur, le mortier a une bonne consistance.	

(*a*) La chaux qui a servi à faire les mortiers n°s 1, 2, 3 et 4 a été envoyée en poudre au Havre par M. Havin-Lafarge.

La chaux employée aux autres essais provient de calcaire du Theil cuit au Havre en avril 1853. La chaux a été conservée depuis cette époque dans une caisse couverte d'un panneau.

(*b*) La chaux en poudre a été réduite en pâte et mêlée au sable 24 heures après.

(*c*) Le mortier a été déposé dans un baquet recouvert d'un linge mouillé.

(*d*) Ce mortier, le même que celui des n°s 15 et 16, a servi à faire sur le poulier du sud une maçonnerie qu'on a recouverte provisoirement de planches pour empêcher qu'elle ne fut dégradée par les vagues avant d'avoir bien durci. Cette maçonnerie a été placée au pied de la fortification dans un creux situé au niveau de la basse mer de morte-eau, où son pied reste toujours plongé dans l'eau.

TABLEAU G. — *Bétons de chaux du Theil immergés d'abord à Marseille et ensuite au Havre.*

Numéros d'ordre.	PROVENANCE des échantillons.	Dates de la fabrication des bétons.	IMMERSION à Marseille au-dessous du niveau des basses mers.	RÉIMMERSION au Havre 15 jours après avoir été retirés de l'eau à Marseille.		TEMPS écoulé depuis l'immersion au Havre jusqu'à la décomposition.	OBSERVATIONS SUR LES DÉCOMPOSITIONS. État des mortiers à différentes époques.	État des mortiers 31 mois après l'immersion.	Caractères généraux des décompositions.
18	Bloc de 5 m. c. du port de la Joliette (centre du bloc).	1846 ou 1847.	Après dessiccation à l'air pendant 3 ou 5 mois.	20 sept. 1853.	Dans une cuve.	31 mois.	. . . .	Un angle est ouvert; fissures à la surface.	La décomposition commence toujours dans les angles. On y aperçoit des fissures qui s'étendent, s'agrandissent, finissent par s'ouvrir et deviennent des fentes de 1/2 millimètre de largeur. Dans cet état, le mortier de la surface et plus tard la masse entière du béton se détachent
19	*Id.*	»	*Id.*	*Id.*	Sur le poulier du sud.	»	. . . .	Un angle est ouvert.	
20	Même bloc (entre le centre et le parement).	»	*Id.*	*Id.*	Cuve.	10 mois.	Légère fissure. . .	Plusieurs angles sont ouverts et tombent par morceaux.	
21	*Id.*	»	*Id.*	*Id.*	Poulier du sud.	31 mois.	. . . .	Plusieurs angles sont ouverts.	
22	Même bloc (parement).	»	*Id.*	*Id.*	Cuve.	10 mois. 19 mois.	Fendillement à la surface. . . . Ramollissement du mortier dans les fentes. . . .	La masse se fend et tombe par morceaux qui se détachent sous le moindre effort.	
23	*Id.*	»	*Id.*	*Id.*	Poulier du sud.	31 mois.	. . . .	Deux angles sont ouverts. Fissures à la surface.	
24	Bloc de 10 m. c. du port de Frioul (centre du bloc).	»	*Id.*	. . . . . .	Cuve.	23 mois.	Un angle s'ouvre.	Plusieurs angles sont ouverts. La masse se fend et tombe en morceaux.	
25	*Id.*	»	. . . .	. . . . . .	. . . . .	23 mois.	Quelques angles s'ouvrent. . . .	Plusieurs angles sont ouverts et tombent par morceaux; fentes à la surface.	

26	Même bloc (entre le centre et le parement)......	»	....	.....	Cuve.	31 mois.	....	*Idem.*	et tombent sous le moindre effort.
27	*Id.*	»	....	.....	Poulier du sud.	31 mois.	....	Un angle est ouvert. Fissures à plusieurs angles.	Quand les fissures s'ouvrent, les caractères de la décomposition
28	Même bloc (parement).......	»	....	.....	Cuve.	19 mois.	Quelques angles s'ouvrent....	Plusieurs angles sont ouverts et tombent par morceaux. Fentes à la surface.	sont les mêmes que pour les mortiers du Theil (tableau F).
29	*Id.*	»	....	.....	Poulier du sud.	31 mois.	....	Plusieurs angles sont ouverts. Fissures aux angles et à la surface.	Une croûte de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, dure à l'extérieur,
30	Fondations des murs de quai de la grande jetée du port de la Joliette (échantillon pris sur la retraite)	Mars 1852.	Immédiatement après la fabrication......	30 sept. 1851.	Cuve.	10 mois. 15 mois.	Plusieurs angles s'ouvrent.... La décomposition augmente.	Le béton est totalement détruit. Il ne reste plus que des cailloux sur du mortier transformé en boue.	se rebrousse et met à nu du mortier ramolli.
31	*Id.*	»	....	.....	Poulier du sud.	19 mois.	Plusieurs angles s'ouvrent....	Tout à fait décomposé comme le n° 30.	
32	*Id.*	»	....	.....	*Id.*	19 mois.	Traces de décomposition.....	Un angle est ouvert. Fissures aux angles.	

Ces bétons ont été recueillis par M. Pascal, ingénieur des ponts et chaussées à Marseille, les premiers jours de septembre 1853.

Ils ont été fabriqués avec des mortiers de chaux du Theil composés de 1 volume de sable et 0,60 de chaux en poudre.

Les bétons indiqués comme immergés sur le banc dit le poulier du sud ont été déposés dans une caisse percée de trous au niveau de la basse mer de morte-eau. Le fond de la caisse restait toujours plongé dans l'eau. En visitant ces bétons au mois d'avril 1855, on a trouvé la caisse pleine de vase qui enveloppait les mortiers et les garantissait contre l'action de l'eau de mer.

On les a alors retirés et déposés dans les cuves.

Des échantillons identiques de tous ces bétons ont été réimmergés dans des cuves à Marseille, le 20 septembre 1853. Ils ont bien résisté à l'action de l'eau de mer. M. Pascal a cependant observé tout récemment sur les différents échantillons de légers fendillements qu'il caractérise ainsi : « On dirait un petit éclat avec » des arêtes vives, le mortier restant dur et ne paraissant pas dé- » composé. »

NOTES.

NOTE 1. — *Procédé employé pour mesurer la dureté des mortiers.*

On a employé pour ces essais le foret décrit par M. Vicat dans ses *Nouvelles études sur les pouzzolanes artificielles*, page 132. Sa pointe est terminée par un ciseau d'acier de 5 millimètres de largeur pesant avec sa charge de plomb $2^k,70$.

Le nombre de tours nécessaires pour faire pénétrer le ciseau de 6 millimètres dans le mortier exprime sa dureté.

NOTE 2. — *Extinction de la chaux grasse.*

Après avoir rapporté ses propres observations et les procédés employés par les anciens, Bélidor (*Science des ingénieurs*, livre III, page 9) concluait ainsi en 1739 :

« Dans toutes les observations qu'on a faites sur la chaux, » on a reconnu..... ; qu'étant gardée longtemps après avoir été » éteinte, pourvu qu'elle soit dans des fosses bien couvertes » de sable, elle n'en est que meilleure ; c'est pourquoi les Ro- » mains ne voulaient pas qu'on l'employât pour leurs édifices » qu'elle ne fût éteinte depuis deux ou trois ans. »

Ce mode de conservation de la chaux dans des fosses est encore adopté dans plusieurs parties de la France.

NOTE 3. — *Fabrication du mortier de chaux et sable.*

« On a été longtemps dans la persuasion que le mortier dé- » layé avec l'eau de mer n'était pas si bon qu'en y employant » de l'eau douce; mais on s'est désabusé de ce préjugé par les » travaux relatifs à la marine, construits dans ces derniers » temps sur la côte de Normandie, principalement à Cher- » bourg; il est vrai que la chaux y est d'une bonté merveil- » leuse étant faite de pierres dures semblables au marbre. On » l'éteint, ainsi qu'il se pratique ordinairement, dans des bas- » sins, d'où on la fait couler ensuite pour en ôter les matières » grossières; on la mêle avec deux tiers de sable de mer grenu » et bien épuré. Après avoir battu et mêlé le mortier, *on le » laisse reposer pendant quelques jours*; on le rabotte tout de » nouveau en l'arrosant d'un lait de chaux, pour le broyer » plus facilement à mesure qu'on le met en usage. Ce mortier, » fait avec l'eau de mer, est à la vérité plus longtemps à faire

» corps que quand on y emploie l'eau douce, mais par la suite » il devient beaucoup plus dur (1). »

Note 4. — *Fabrication du mortier de pouzzolane.*

« M. Milet de Montville, qui a acquis sur la manière de bâtir » dont nous parlons une expérience éclairée par de bons prin- » cipes, a fait un grand nombre d'essais sur la meilleure ma- » nière de composer le béton, et voici celle qui a le mieux » réussi dans les travaux dont il a eu la direction.

» Après avoir choisi un emplacement uni et bien battu, on » prend 12 parties de pouzzolane, de terrasse de Hollande ou » de cendrée de Tournay, dont on forme une bordure circu- » laire de 5 ou 6 pieds de diamètre, sur laquelle on pose 6 par- » ties de sable bien gréné et non terreux, répandu également. » On remplit l'intérieur de ce cercle de 9 parties de chaux » vive bien cuite, concassée avec une masse de fer pour » qu'elle s'éteigne plus vite, ce qui se fait en y jetant peu à peu » de l'eau de la mer pour les ouvrages maritimes, et en la » remuant de temps en temps avec le dos de plusieurs rabots » de fer; dès qu'elle est réduite en pâte, on y incorpore la » pouzzolane et le sable. Le tout étant bien mêlé, l'on y jette » 13 parties de recoupes de pierres et 3 de mâchefer concassé, » lorsqu'on est à portée d'en avoir, ou bien l'on se contente » d'employer 16 parties au lieu de 13 de recoupes de blocailles » de pierres ou de cailloux dont la grosseur ne doit point sur- » passer celle d'un œuf de poule. *On remue à force de bras » toute cette composition pendant une heure, en la promenant » çà et là avec des pelles pour en mieux incorporer les par- » ties, après quoi l'on en forme des tas auxquels on laisse » faire corps pendant vingt-quatre heures en été, dans les » pays chauds, mais en hiver il faut quelquefois trois à » quatre jours*, observant de la conserver à couvert de la » pluie, et de ne l'employer que quand elle est assez ferme » pour ne pouvoir être enlevée qu'avec la pioche. . . . .

» . . . .

» C'est en s'y prenant de la sorte que nous avons vu, en » 1748, bâtir à Toulon une des jetées que l'on a faites dans la » nouvelle darce; les ingénieurs de cette place ne connaissant » point de méthode dont ils se soient mieux trouvés pour tra- » vailler solidement dans la mer sans aucune fâcheuse sujé- » tion, on peut dire qu'elle est la seule dont on puisse garantir » le succès (2).

---

(1) *Architecture hydraulique*, t. III, p. 193.
(2) Bélidor. *Architecture hydraulique*, t. IV, p. 186 et 187.

NOTE 5. — *Fabrication du mortier de ciment de tuileau.*

« On prend pour la composition du ciment ordinaire 3 parties
» égales de tuileau le plus dur, des éclats de la pierre de taille
» et du mâchefer ou pécadin provenant des forges où l'on
» coule le fer, qu'on pulvérise séparément : on les passe en-
» suite au tamis, ayant soin de laver cette poudre dans des
» cuves, afin d'en ôter le charbon qui peut s'y rencontrer.
» Après qu'elle est bien nettoyée et séchée, l'on forme de ces
» trois matières les bords d'une espèce de bassin dans lequel
» on éteint environ la moitié de l'équivalent de chaux vive,
» qu'on laisse reposer pendant quelques heures; après quoi
» on broie le tout ensemble, que l'on pose sur des plates-
» formes de pierres ou de madriers assises solidement *pour les*
» *battre une fois par jour avec des battes ferrées, pendant*
» *sept à huit jours de suite,* jusqu'à ce que le ciment fasse une
» pâte douce à la main.

» Lorsqu'il n'est pas employé sur-le champ, il faut le rema-
» nier de temps à autre, pour l'empêcher de durcir, observant
» de n'y point jeter d'eau lorsqu'il s'agit de le rebattre; mais
» dans le cas de nécessité, l'on peut y employer un peu de
» lait de chaux vive qu'on éteindra à mesure qu'il en sera
» besoin (1). »

NOTE 6.

A propos de la construction de l'écluse de Cherbourg en 1736, Bélidor rapporte qu'après la pose et le rejointoiement des pierres de taille, « on recouvrit toute l'étendue du radier
» d'un lit d'argile de 2 pieds d'épaisseur, afin de consolider la
» maçonnerie et d'empêcher les sels de la chaux de s'éva-
» porer (2). »

On comprend que si cette précaution n'empêchait pas les sels de la chaux de s'évaporer, elle avait du moins l'excellent effet de s'opposer à la dessiccation des mortiers et de leur fournir l'humidité nécessaire à leur hydratation.

---

(1) Bélidor. *Architecture hydraulique*, t. III, p. 191.
(2) *Architecture hydraulique*, t. III, p. 200.

NOTICE

SUR L'HYDRO-APATITE, ESPÈCE MINÉRALE.

Par M. DAMOUR.

Cette substance minérale a été rapportée des Pyrénées par M. Boubée, qui m'a prié d'en faire l'examen. Elle se présente en concrétions mamelonnées, demi-transparentes, qui peuvent, au premier aspect, la faire confondre avec certaines calcédoines incolores. Quelques échantillons dont la surface est altérée et en partie désagrégée ont une couleur blanc de lait, opaque, et montrent une structure testacée. Dans son état de pureté, ce minéral raye la fluorine, et est rayé par une pointe d'acier. Sa densité est de 3,10.

Chauffé dans le tube fermé, il décrépite, se délite et tombe en poussière en dégageant de l'eau un peu ammoniacale : il est nécessaire de chauffer jusqu'au rouge la matière contenue dans le tube pour que le dégagement d'eau devienne bien marqué.

Pulvérisé et calciné au rouge sombre, dans un creuset de platine, un gramme du même minéral a perdu : $0^g,0187$; au rouge cerise, la perte a été de $0^g,245$; au rouge blanc, la perte s'est élevée à $0^g,0530$.

Après cette calcination, la poudre agglutinée par une fusion incomplète formait une masse assez fortement cohérente : cette masse demi-fondue étant pulvérisée de nouveau et traitée par l'acide sulfurique chauffé à + 100 degrés, a dégagé des vapeurs d'acide fluorhydrique qui corrodaient fortement le verre exposé à leur action.

Les acides nitrique et chlorhydrique attaquent aisément cette matière, même après qu'elle a été calcinée : la dissolution acide saturée d'ammoniaque donne un abondant précipité gélatineux de phosphate de chaux.

L'analyse de ce minéral a été faite en dissolvant dans l'acide chlorhydrique la matière préalablement calcinée au rouge blanc. A la dissolution chlorhydrique, on a ajouté de l'acide sulfurique en excès ; il s'est déposé du sulfate de chaux : on a évaporé et chauffé la liqueur, sans la séparer du précipité, jusqu'à dégagement de vapeurs épaisses d'acide sulfurique. Le fluor contenu dans le minéral a été ainsi chassé de sa combinaison.

On a traité par un mélange d'eau et d'alcool le sulfate de chaux formé par suite de l'opération précédente, et l'on a filtré la liqueur. Le sulfate de chaux étant pesé et calciné a servi à évaluer les proportions de chaux et de calcium contenues dans le minéral.

La liqueur alcoolique renfermait l'acide phosphorique et aussi l'acide sulfurique qu'on avait mis en excès pour précipiter la chaux. Cette liqueur étendue d'eau a été chauffée pendant quelque temps à + 60 degrés pour chasser l'alcool ; puis on l'a saturée d'ammoniaque. La liqueur s'est légèrement troublée par un faible dépôt gélatineux de phosphate de fer. On l'a filtrée et l'on y a versé une dissolution ammoniacale de nitrate magnésique qui a immédiatement déterminé la formation d'un abondant précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, qu'on a calciné pour le transformer en phosphate-magnésique dont le poids a servi à évaluer la proportion de l'acide phosphorique.

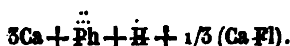
En combinant cet acide avec la chaux, dans la proportion d'un équivalent contre trois de chaux, il reste une certaine quantité de cette terre qui, évaluée à l'état

de calcium, est unie au fluor contenu dans le minéral, et dont la proportion a été évaluée par différence, faute de méthode précise pour la doser directement.

La moyenne de plusieurs analyses a donné :

	gr.	oxygène.	rapports.
Acide phosphorique.	0,4000	0,2242	5
Chaux.	0,4731	0,1345	3
Eau	0,0530	0,0471	1
Fluor.	0,0336		
Calcium.	0,0360		
Phosphate ferrique.	0,0043		
	1,0000		

Cette analyse conduit à la formule :



$3\dot{C}a + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Ph} + \dot{H} + 1/3\,(Ca\,Fl)$.

Le calcul donne :

1	équivalent	$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Ph}$ =	892,041	= 0,4014	(en 10,000^es^)
3	id.	$\dot{C}a$ =	1.054,953	= 0,4748	
1	id.	$\dot{H}$ —	112,500	= 0,0507	
1/3	id.	Ca =	83,883		
1/3	id.	Fl =	78,478		
			2.221,855		

Cette espèce minérale remplit les fissures d'une roche argilo-ferrugineuse, de couleur brune, contenant une notable proportion de phosphate de chaux et de carbonate de chaux, et qui remplit un mince filon engagé entre les parois d'un schiste noir des environs de Saint-Girons (Ariége). M. Boubée, qui l'a recueillie en place, considère les matières renfermées dans ce filon comme ayant été amenées par des eaux thermales à une époque géologique très-ancienne. Dans le même schiste et à très-peu de distance de ce filon, on rencontre également la wawellite aciculaire et concrétionnée.

La substance minérale dont je viens d'exposer les ca-

ractères et la composition doit être considérée comme une chaux phosphatée, ou apatite hydratée : je propose de lui donner le nom d'hydro-apatite, qui rappelle sa composition.

DISTRIBUTEUR POUR HAUTS FOURNEAUX.

Par L.-A. COINGT,
directeur des hauts fourneaux d'Aubin.

L'appareil distributeur est un système à double fonction, dont le principe est applicable à tous les hauts fourneaux, de grandes ou petites dimensions, quels que soient les combustibles et minerais employés.

Les fonctions de cet appareil consistent :

1° A recueillir tous les gaz produits, sans interruption sensible d'écoulement;

2° Et à opérer mécaniquement le chargement des hauts fourneaux.

Dans le centre de l'appareil est placé un tuyau vertical recevant les gaz et les distribuant aux divers foyers où ils sont utilisés. Ce tuyau se prolonge au-dessous de l'appareil et dans l'intérieur du fourneau, de manière à plonger, dans les matières, à une profondeur de 1^m,50 à 2 mètres. Prise de gaz.

La disposition de ce tube, dont le diamètre à sa naissance est d'un mètre, et à sa partie supérieure de 0^m,70 à 0^m,80, constitue une prise centrale, autour de laquelle les charges se déposent successivement par couches régulières et horizontales.

Cette prise centrale régularise aussi la descente des charges, en les obligeant à conserver, dans leur glissement, leur position première. Il s'établit ainsi, dans l'axe de la cuve et dans le combustible, un passage que suivent les gaz en effectuant leur écoulement dans le centre de l'appareil.

Pendant l'opération du chargement, les charges, qui entourent la prise centrale et remplissent l'espace qui leur est réservé dans le gueulard, font obstacle à la sortie des gaz, et interceptent toute introduction d'air dans le tube plongeur protégé par une couche épaisse de matières. La durée de cette opération, n'étant d'ailleurs que de vingt secondes, ne peut influer sensiblement, sur l'écoulement des gaz, par la prise centrale.

Opération du chargement.

Le chargement du haut fourneau s'opère au moyen d'une cuve ou trémie circulaire divisée en deux compartiments par un cône ou bouchon mobile, circulaire, aussi, comme la trémie. Lorsqu'on veut distribuer la charge, toujours préparée dans l'appareil (le moment convenable est indiqué par deux petites sondes), on soulève rapidement le bouchon, que l'on abaisse de même aussitôt que les matières ont disparu dans le fourneau.

L'ouverture de la trémie circulaire, par laquelle les charges pénètrent dans le fourneau, s'ajuste exactement avec le cône ou bouchon, et forme ainsi une fermeture hermétique qui interrompt la communication de l'intérieur à l'extérieur. Les ouvriers employés à la préparation des charges dans l'appareil, ne sont incommodés ni par la chaleur, les gaz étant toujours éteints, ni par les fuites ; s'il en existe dans la fermeture, les matières versées dans la trémie les arrêtent instantanément.

La manœuvre du soulèvement du bouchon, qu'exige l'opération de la charge, se fait très-rapidement (vingt secondes au plus avec le balancier mû par un petit treuil; et elle pourrait être réduite encore au moyen d'un cylindre à air comprimé ou à vapeur, agissant directement sur le bouchon); cette manœuvre ne se renou-

velant que quinze à vingt fois en douze heures, avec des charges de 2 mètres cubes de coke, on peut considérer le haut du fourneau comme étant constamment fermé par l'appareil.

Dans ces conditions, l'interruption d'écoulement des gaz est nulle, l'écoulement au gueulard est complet, et il n'y a plus alors dans l'intérieur de l'appareil qu'une température qui dépasse rarement 300°, dont l'action ne peut nuire ni à la trémie ni à la prise centrale intérieure.

Les amas de poussière ou cadmies disparaissent complétement du gueulard, ainsi que les engorgements dans la prise de gaz. La disparition des obstructions tient à ce que le haut du fourneau est constamment et hermétiquement fermé par l'appareil. En effet, si la pression intérieure du gueulard est maintenue en équilibre avec celle de la prise centrale (cette pression est mesurée par 2 à 3 centimètres d'eau), l'entraînement des poussières est détruit; si d'un autre côté les gaz sont toujours éteints, leur faible température ne peut favoriser les obstructions dans la prise centrale. Observations générales.

L'expérience vient à l'appui de ce raisonnement et constate qu'on n'a plus à s'occuper de nettoyage, au gueulard et dans la prise. On sait que cette opération est difficile et dangereuse, et que les arrêts longs et fréquents qu'elle nécessite entravent la marche des fourneaux.

La préparation des charges, dans l'appareil, doit être faite avec la plus grande régularité. Les matières y sont déposées par ordre de densité; de telle sorte que le combustible, au rebours de ce qu'on pratique habituellement, recouvre les minerais et les fondants.

Les dimensions de l'appareil peuvent varier à volonté.

Il convient cependant, pour les fourneaux au coke ou à la houille de 15 à 16 mètres de hauteur, de donner au gueulard un diamètre de 2m,50 à 3 mètres. Les grandes sections facilitent l'emploi de grosses charges, avec lesquelles on dirige plus sûrement la marche des hauts fourneaux à grande production.

La construction du distributeur, son installation et ses réparations sont d'une exécution facile, et comme il n'est soumis dans ses fonctions à aucune action destructive, les frais d'entretien sont à peu près nuls.

Son application sur un fourneau en marche nécessite un arrêt de 48 à 60 heures. Les frais d'établissement et d'installation peuvent s'élever à 5 ou 6.000 francs, selon la grandeur du gueulard.

Conclusions. Les expériences, suivies avec soin depuis que l'appareil distributeur fonctionne, établissent les résultats suivants :

1° Suppression entière de la houille aux chaudières des machines soufflantes et aux appareils à chauffer l'air;

2° Régularisation de la descente des charges et de l'allure du fourneau, par l'action de la prise centrale et d'un chargement régulier et uniforme;

3° Et disparition complète des poussières ou cadmies au gueulard et dans la prise centrale.

Il ressort de la description qui précède (complétée par l'explication des *fig.* 12, 13, 14 de la Pl. IV), et des résultats obtenus, que les fonctions du distributeur ne laissent rien à désirer, et que l'application de son principe réalise des avantages importants dans la marche économique des hauts fourneaux.

Aubin, 12 novembre 1856.

EXTRAIT DU COMPTE RENDU

DES TRAVAUX FAITS EN 1854 ET 1855 AU LABORATOIRE DE SAINT-ÉTIENNE.

ESSAIS DE COMBUSTIBLES,

Par M. GRUNER, ingénieur en chef des mines.

1° *Houilles du bassin de la Loire.*

On continue l'essai des houilles de la Loire, au fur et à mesure que les travaux souterrains entament de nouvelles couches.

On applique pour ces recherches les méthodes suivies dans le travail publié en 1852 sur les houilles de ce bassin (*Annales des mines*, 5e série, tome II, page 511).

On a ainsi essayé dix-sept nouvelles houilles.

Les chiffres trouvés confirment les résultats généraux auxquels avait conduit le travail ci-dessus rappelé, et on reconnaît surtout que « la nature des houilles dépend moins du niveau géologique que de la position spéciale du gîte. » Ainsi, le charbon de Tartaras, de la base du système de Rive-de-Gier, est une houille à gaz et à longue flamme, comme les charbons d'Unieux et Fraisse et de la Béraudière qui font partie du système moyen de Saint-Étienne, tandis que les houilles de Combérigol et de la Calaminière, sont anthraciteuses, quoique plus élevées dans la série des couches que celles de Tartaras.

Voici les résultats des divers essais présentés, sous forme de tableau, comme dans le mémoire de 1852.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres pour 100 de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
1	Houille pérat du puits St-Claude de Combérigol. — Territoire récemment concédé entre Rive-de-Gier et Saint-Chamond. Grande couche du système de Rive-de-Gier, à 600 mètres du jour. (Puits le plus profond du bassin.)	15,3	78,2	6,5	7,7	0.19	rose assez foncé.	(a)
	Houille grasse à très-courte flamme.							
2	Houille pérat du puits Julie. Concession de la Calaminière. Couche de la Vaure ou n° 15 du système inférieur de St.-Étienne (partie infre de la couche).	17,5	77,5	5,0	6,4	0,184	brun foncé.	(b)
	Cette houille est un peu plus anthraciteuse que la précédente. L'une et l'autre sont d'ailleurs à la limite des houilles grasses à courte flamme.							
3	Houille pérat du puits Julie. Concession de la Calaminière. Couche de la Vaure (partie supérieure).	20,0	76,5	3,5	4,6	0,207	jaunâtre.	(c)
	Houille à courte flamme bonne pour coke.							
4	Houille pérat de la concession du Montcel. Couche de la Laure. N° 15 du système inférieur de Saint-Etienne.	19,0	74,1	6,9	8,5	0,204	gris rosé.	(d)
4 bis	Coke fabriqué avec la houille précédente, dans un fourneau dont la sole est chauffée.	1° Coke avec menu lavé.					blanches un peu rosées.	(e)
		»	»	»	7,5	»		
		2° Coke avec du menu non lavé.						
		»	»	»	10,0	»		

(a) Houille noire, friable, présente des stries ternes et brillantes. Brûle avec flamme courte et peu fuligineuse. — Donne un coke gris foncé dur, bien collé, mais non boursouflé. — La forme de quelques fragments se reconnaît encore.

(b) Houille tendre très-brillante. — Brûle avec flamme courte. — Le coke est mal aggloméré. — On reconnaît encore la forme de quelques fragments de houille.

(c) Houille compacte assez brillante, moins tendre que la précédente. — Brûle avec flamme peu longue. — Le coke est gris, compacte, dur, peu boursouflé, mais bien fondu.

(d) Houille peu dure; présente des stries ternes et brillantes. — Coke compacte, gris éclatant, bien aggloméré, mais peu boursouflé.

(e) Coke dur, en gros morceaux très-compactes, gris foncé, tacheté de noir par des parties plus maigres.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
5	Houille pérat de la couche Siméon à Roche-la-Molière. Grande couche ou n° 13 du système inférieur de Saint-Etienne.	21,9	67,6	10,5	13,4	0,245	grises.	(f)
	Houille grasse à courte flamme. — Sur les surfaces de séparation, on observe du fusin minéral qui ne s'altère pas par la carbonisation.							
6	Houille pérat de la Tour (concession de Firminy, 3e du district); soit n° 15 du système inférieur de Saint-Etienne.	25,0	71,6	3,4	4,5	0,26	grises.	(g)
7	Houille pérat d'Egarande à Rive-de-Gier. Grande couche de Rive-de-Gier.	29,0	60,4	10,6	15,0	0,324	rosées.	(h)
	Houille raffaud.							
8	Houille pérat de la grande masse du puits Saint-Léon à Firminy. — Couche supérieure du système moyen, correspondant probablement à la couche des trois Gores de la Béraudière.	35,2	51,8	13,0	20,0	0,40	rose tirant sur le gris.	(i)
	Houille à longue flamme peu grasse.							
9	Houille pérat de la 2e couche du puits Monterrat (concession de Firminy). 1re couche au-dessous de la 3e du système moyen.	39,7	57,6	2,7	4,5	0,408	rose gris clair.	(j)
	C'est la houille la plus riche en matières volatiles du bassin de Saint-Etienne. Elle se vend depuis longtemps comme houille à gaz.							

(f) Houille noire à grandes lames, plus ou moins veinée et d'un éclat peu intense.—Dureté moyenne; brûle avec flamme blanche, peu longue; colle très-bien au feu. — Coke gris assez foncé, fortement boursouflé, bon pour hauts-fourneaux.

(g) Houille grasse, à courte flamme, noire, très-brillante, peu dure et collante. — Coke solide, bien fondu.

(h) Houille terne et dure, quoique un peu schisteuse; ressemble au canel-coal. Sa poussière est d'un brun café. — C'est un véritable charbon *raffaud*, riche en oxygène. Flamme longue fuligineuse; coke très-boursouflé et léger.

(i) Charbon veiné; certaines parties sont ternes et entremêlées de schistes terreux. Charbon à gaz, impur et dur. Coke peu boursouflé et composé de fragments non entièrement déformés.

(j) La houille est très-dure, bonne pour les usines à gaz. On y voit du fusin minéral; coke très-boursouflé, mais non parfaitement fondu.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
10	Houille pérat de la Malafolie, 3e couche de ce puits, ou deuxième au-dessous de la grande du système moyen de Saint-Étienne.	37,0	59,8	3,2	5,0	0,38	»	(k)
	Ce charbon donne du coke en aiguilles effilées qui laisse 6 pour 100 de cendres, lorsqu'on se sert de houille lavée.							
11	Houille pérat de la 1re couche du puits des Planches. Concession de Unieux et Fraisse. (Couche supérieure du système moyen).	38,0	55,8	6,2	10,0	0,405	gris clair.	(l)
		La distillation lente a donné : Goudron 15,2; Eau 4,8; Coke 66,3; Matières gazeuses 13,7; [total] 100,0						
12	Houille pérat de la 2e couche du puits des Planches. Concession de Unieux et Fraisse. (Couche supérieure du système moyen).	37,5	54,6	7,9	12,3	0,407	gris foncé	(m)
		La distillation lente a donné : Goudron 15,9; Eau 5,0; Coke 66,7; Matières gazeuses 12,4; [total] 100,0						
13	Houille pérat de la 1re ou grande couche de Combe-Blanche. Concession d'Unieux et Fraisse. (Couche supérieure du système moyen).	35,6	60,9	3,5	5,5	0,369	gris rosé foncé.	(n)

(k) Charbon dur, à structure fibreuse, nuance brune, éclat variable, mais généralement peu vif. — Charbon à gaz, bon pour le chauffage domestique.

(l) La houille se divise en plaquettes noires, brillantes, entremêlées de veines ternes. Elle brûle avec flamme longue. — Coke aggloméré, brillant, légèrement boursouflé. — En grand on obtient de longues aiguilles effilées.

(m) La houille et le coke ressemblent entièrement au n° 11.

(n) La houille est noire, brillante, se divise en petits fragments schisteux; n'est pas fibreuse comme les charbons de la Malafolie. Brûle avec flamme fuligineuse. — Coke argentin, bien collé, boursouflé, friable.

Numéros d'ordre.	Origine des houilles.	Composition des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
14	Houille perat de la 2e couche de Combe-Blanche. Concession d'Unieux et Fraisse. (Couche supérieure du système moyen).	35,7	59,8	4,5	7,0	0,374	grises rosées.	(o)
15	Houille pérat de la 3e couche de Combe-Blanche. Concession d'Unieux et Fraisse.	35,3	58,2	6,5	10,0	0,377	blanches rosées.	(p)
16	Houille pérat de la concession de Villebœuf. Affleurement attaqué sous la chapelle de Valbenoite. Probablement du système supérieur de Saint-Étienne.	34,5	55,4	10,1	15,5	0,38	»	(q)
17	Houille pérat du puits Sainte-Marie de Tartaras. Couche la plus basse du système de Rive-de-Gier.	34,6	55,8	9,5	14,6	0,38	gris rosé.	(r)

Contient 0,004 de soufre.

Nota. Toutes les houilles depuis le n° 8 sont des charbons gras à longue flamme.

(*o*) Houille semblable à la précédente. Flamme très-fuligineuse. — Coke très-argentin, plus boursouflé que le précédent. A presque doublé de volume. Il est friable et fissuré.

(*p*) Houille semblable à la précédente, et brûle aussi avec flamme fuligineuse. — Coke très-argentin, boursouflé. Ressemble au coke de la deuxième couche; il est friable et fissuré.

(*q*) La houille est dure et en partie terne. — Ressemble aux charbons de qualité inférieure de la Ricamarie. — Coke boursouflé. — Charbon à longue flamme dans le genre de celui de la Chauvetière.

(*r*) C'est une houille schisteuse terne, qui brûle avec flamme longue et dont le coke, quoique collé, laisse encore reconnaître en partie la forme de fragments de houille. On se sert maintenant de cette houille à l'usine à gaz de Lyon.

2° *Anthracites du bassin houiller de Prades, près Aubenas.*

Le directeur des mines de Prades nous a envoyé deux échantillons de l'anthracite qu'il exploite.

L'une et l'autre viennent du terrain houiller ordinaire, mais ce sont bien de véritables anthracites. Elles sont d'un gris noir un peu terne, surtout celle de la mine dite la Charbonnière. Elles ne décrépitent pas au feu et pourraient ainsi servir à l'alimentation des hauts-fourneaux. Voici leur composition :

1° *Anthracite de Saint-Cirgue.*

Matières volatiles.	8,40		
Coke nullement déformé.	91,60	Carbone.	86,1
		Cendres.	5,5
	100,00		

Rapport des matières volatiles à l'anthracite pure supposée privée de cendres =0,09.

L'anthracite, par la calcination, ne change ni de forme ni d'aspect. Elle renferme des pyrites. Aussi les cendres sont-elles d'un gris rougeâtre assez foncé.

2° *Anthracite de Charbonnière*, plus terne que celle de Saint-Cirgue.

Matières volatiles.	8,80		
Coke nullement déformé.	91,20	Carbone.	76,6
		Cendres.	14,6

Rapport des matières volatiles à l'anthracite pure =0,13.

Les cendres sont blanches tirant sur le gris.

3° *Houilles et anthracites de la Creuse.*

Chargé de l'étude des bassins houillers de la Creuse, j'ai recueilli moi-même sur les lieux des échantillons de toutes les couches en exploitation pour les soumettre aux mêmes essais que celles du bassin de la Loire.

On y trouve des combustibles très-variés, depuis les véritables anthracites jusqu'aux houilles grasses proprement dites, seulement la proportion des cendres y est généralement assez forte. En général, on peut les comparer aux houilles ordinaires de Saint-Étienne. Les essais constatent, en outre, que, dans les bassins de la Creuse, comme dans celui de la Loire, ce ne sont pas toujours les couches les plus basses qui fournissent les combustibles les plus anthraciteux. D'autres causes paraissent avoir exercé une influence plus grande sur la nature des combustibles.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
1	Anthracite de la mine de la Réjeasse, bassin et concession de Bostmoreau près Bourganeuf, lisière ouest du bassin.	13,0	82,5	4,5	5,2	0,136	rouge.	(a)
2	Anthracite de la mine de chez Lamé; *bassin et* concession de Bostmoreau, *lisière est du bassin.*	11,8	81,7	7,50	8,5	0,123	gris un peu rosé.	(b)
3	Houille de la couche la plus élevée du bassin d'Ahun. Petite couche du puits Saint-Martial, concession d'Ahun, sud.	1er Echantillon. 16,9	76,2	7,1	8,5	0,18	gris un peu rosé.	(c)
		2me Echantillon. 16,3	71,5	12,2	14,5	0,185	rougeâtre	
	On vend cette houille comme charbon de forge de qualité ordinaire.							
4	Houille de la grande couche du bassin d'Ahun (la 2me en partant du jour), du puits Saint-Martial, concession d'Ahun, sud.	15,9	69,4	14,7	17,5	0,186	gris un peu rosé.	(d)
5	Houille de la grande couche du bassin. Mine Lavaveix. — Concession Ahun, nord. (Même couche que le n° 4).	19,15	71,15	9,70	12,0	0,21	rose foncé.	(e)

(*a*) L'anthracite est noire, très-brillante et tendre. Brûle avec flamme très-courte et restant blanche très-peu d'instants. Les fragments, après calcination, restent isolés et nullement déformés. A peine voit-on quelques veinules un peu frittées.

(*b*) Moins brillante que le n° 1, un peu schisteuse, tendre. — Brûle avec flamme encore moins longue que la précédente. — Le coke ne présente aucune parcelle à l'état fritté.

(*c*) Houille noire, brillante, tendre. — Brûle avec flamme blanche peu longue. — Le coke est boursouflé, assez bien fondu, mais on reconnaît cependant encore la forme de quelques fragments de houille. — Le coke est gris foncé, métallique.

(*d*) Houille veinée, plutôt terne que brillante. On y voit du fusin et des parties schisteuses; — peu dure. — Brûle avec flamme courte sans fumée. Coke imparfaitement fondu et déformé, mais cependant légèrement aggloméré.

(*e*) Houille veinée, plutôt terne que brillante, entremêlée de parties schisteuses; peu dure; brûle avec flamme très-courte. — Le coke est boursouflé argentin, mais imparfaitement fondu. — On y distingue moins les fragments de houille que dans le n° 4.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
6	Houille grasse de forge, couche la plus basse du bassin Mine de Ponté-vrat, concession Ahun, nord.	19,6	76,7	3,6	4,5	0,20	rouge jaunâtre.	(f)
	Bonne houille de forge.							
7	Houille grasse de forge, couche la plus basse du terrain, puits neuf St.-Médard (concession d'Ahun, sud), provient de l'extrémité sud du bassin à 7 ou 8 kilomètres de la mine de Ponté-vrat.	22,2	69,5	8,3	10,6	0,24	rose.	(g)
8	Houille grasse ordinaire, même couche et même concession que le n° 7; mais vient de l'ancien puits des Fourneaux.	28,1	59,7	12,2	17,0	0,32	blanc, rosé.	(h)
	C'est plutôt une houille à gaz qu'une houille de forge							
9	Houille grasse maréchale de la grande couche du bassin (comme les échantillons 4 et 5), mais de son extrémité sud. — Mine de Fourneaux à ciel ouvert (concession d'Ahun, sud). Partie supérieure.	31,6	65,8	2,6	3,8	0,32	rouge.	(i)
	Partie inférieure.	30,6	66,6	2,8	4,0	0,31	rouge.	

(f) Houille noire très-brillante, tendre. — Brûle avec flamme claire non fuligineuse, peu longue. — Coke gris argentin, très-boursouflé, entièrement fondu.

(g) Houille striée, moyennement dure. — Le coke est très-boursouflé et très-bien fondu. — On emploie ce charbon pour la forge à Limoges.

(h) Houille plus terne et plus dure que le n° 7. — Brûle avec flamme longue et fuligineuse. — Le coke est bien fondu, mais peu boursouflé. — Gris argentin foncé. — Sert à Limoges pour la fabrication du gaz.

(i) Houilles noires, friables, légèrement schisteuses, mais à cassure inégale conchoïde, avec éclat vif. — Coke bien fondu et très-boursouflé. — Celui de la partie supérieure a doublé de volume. — C'est une bonne houille de forge et de coke se rapprochant un peu des houilles à gaz.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
9 bis.	Même houille que le n° 9, essayée par distillation dans une cornue.	La partie supérieure a donné : Coke. . . . . 71,22 Goudron. . . . . 14,90 Eau ammoniacale. . . . . . . 2,46 Gaz. . . . . 11,42 100,00 La partie inférieure : Coke. . . . . 73,43 Goudron. . . . . 12,78 Eau ammoniacale. . . . . . . 2,38 Gaz. 11,41 100,00						(k)
	Ces deux cokes, recalcinés au creuset, ont laissé, le premier 67,52, le second 70,45 de coke proprement dit.							

(k) Le mélange des deux parties a donné à l'usine à gaz de Limoges 230 à 250 mètres cubes de gaz aux 1000 kilog. et 660 kilog. de coke.

En comparant ces diverses houilles entre elles, et tenant compte des couches dont elles proviennent, on voit :

1° Que le bassin de Bostmoreau fournit uniquement des anthracites;

2° Celui d'Ahun, vers son extrémité nord, des houilles grasses à courte flamme, légèrement anthraciteuses dans les niveaux supérieurs (la première et deuxième couches);

3° Ce même bassin, vers son extrémité sud, à la mine de Fourneaux, des houilles grasses maréchales ordinaires, à tous les niveaux (grande, ou deuxième, et sixième couche);

4° Que les véritables houilles à gaz à longue flamme sont inconnues dans la Creuse.

Ainsi, comme dans le bassin de la Loire, la propriété d'être plus ou moins riche en matières volatiles tient moins au niveau géologique qu'aux conditions spéciales dans lesquelles se sont trouvés les divers bassins, ou parties de bassins, soit à l'époque même de la formation des couches, soit immédiatement après.

4° *Houille du bassin de la Moselle* (Essai fait en 1856).

Cette houille provient du sondage, entrepris dans la forêt de la Houve, commune de Creutzwald, près de Saint-Avold. Elle a été remise au laboratoire de Saint-Étienne par MM. Appolt frères, membres de la Société qui a fait entreprendre ce sondage, au milieu du grès rouge, sur le prolongement du bassin de Sarrebruck.

Numéros d'ordre.	ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles. Matières volatiles.	Coke. Charbon.	Coke. Cendres.	Cendres dans 100 parties de coke.	Rapport entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	Couleur des cendres.	Observations. Propriétés physiques des houilles et des cokes.
1	Houille de la 1re couche rencontrée dans le trou de sonde de la forêt de la Houve.	50,13	47,38	2,49	5,0	0,514	rouges.	(a)
	Houille sèche à longue flamme.							

(a) Houille schisteuse, très-dure et terne. Brûle avec flamme fuligineuse très-abondante. — Le résidu charbonneux est argentin, mais les fragments ne sont pas agglutinés et à peine çà et là un peu déformés.

MÉMOIRE

SUR UN NOUVEAU MOYEN DE DOSER L'ARGENT PAR VOIE HUMIDE AU MOYEN DE L'IODURE D'AMIDON.

Par M. F. PISANI.

L'iodure d'amidon, versé dans une solution d'azotate d'argent, se décolore immédiatement par suite de la formation de l'iodure et probablement aussi de l'iodate d'argent. La quantité d'iodure d'amidon qui est décolorée par un volume donné d'azotate d'argent, étant proportionnelle à la quantité d'argent contenu dans ce volume, j'ai fondé là-dessus un nouveau mode de dosage d'argent, d'une exécution facile et rapide, en même temps qu'elle donne des résultats très-exacts.

Pour déterminer la quantité d'argent contenu dans une liqueur, j'y verse une dissolution normale d'iodure d'amidon, jusqu'à ce qu'un léger excès de ce réactif y produise une teinte sensible.

Pour préparer cette liqueur normale, je prends de l'iodure d'amidon soluble préparé d'après le procédé de M. le docteur Quesneville, et, après avoir dosé approximativement la quantité pour cent d'iode qu'il contient, je le dissous dans une certaine quantité d'eau distillée.

Maintenant voici comment je détermine rapidement la richesse en iode de l'iodure d'amidon : je prends un gramme de cet iodure, et, après l'avoir dissous dans de l'eau froide, j'y verse, avec une burette graduée en dixièmes de centimètres cubes, une dissolution titrée d'azotate d'argent, contenant $0^{g},005$ d'argent par centi-

mètre cube. Lorsque la liqueur bleue s'est entièrement décolorée, je m'arrête; et d'après la quantité d'argent employée pour produire cette décoloration, je calcule combien d'iode contient l'iodure d'amidon. En supposant qu'il en contienne 4 p. 100, 5 grammes de cet iodure d'amidon dissous dans un litre d'eau contiendront $0^g,200$ d'iode $= 0^g,171$ d'argent, et chaque centimètre cube de cette liqueur correspondra à $0^g,000171$ d'argent.

Une fois ce titre obtenu approximativement, je fixe le titre réel de la liqueur normale de la manière suivante : je mets dans un verre à pied 1 ou 2 centimètres cubes d'azotate d'argent, contenant $0^g,005$ d'argent par centimètre cube; puis j'y ajoute un peu de carbonate de chaux en poudre, afin que la liqueur soit toujours neutre. J'y verse alors, avec une burette graduée en demi-centimètres cubes, de la dissolution normale d'iodure d'amidon, tout en agitant avec une baguette. Au commencement l'iodure d'amidon se décolore rapidement, et la liqueur prend une teinte jaune-serin clair, par suite de la formation de l'iodure d'argent; mais à la fin de l'opération la liqueur brunit tout à coup d'une manière très-sensible, et c'est lorsque cette teinte bleu verdâtre persiste qu'il faut s'arrêter. Pour mieux apprécier le moment précis où la coloration change, on peut, à côté du verre dans lequel se fait l'essai, en avoir un autre contenant de l'iodure d'amidon, dans lequel on aurait versé un excès d'azotate d'argent, et qui servirait ainsi de témoin. Lorsque l'essai est terminé, on voit combien de divisions d'iodure d'amidon ont été employées pour produire cette légère coloration, et l'on recommence la même opération cinq ou six fois, jusqu'à ce que les résultats obtenus soient bien concordants.

Supposons que la moyenne de ces expériences ait donné 56 centimètres cubes pour $0^g,010$ d'argent, une liqueur qui n'en contiendrait que $0^g,005$ exigera 28 centimètres cubes et une liqueur renfermant $0^g,001$ — $5^{cc},6$. Comme chaque centimètre cube est égal à $0^g,00017$ d'argent, une erreur d'un demi-centimètre cube employé en plus est à peu près insignifiante.

L'addition du carbonate de chaux à la liqueur à essayer présente deux avantages : celui d'abord de saturer l'acide azotique libre qui sans cela agit toujours un peu sur l'iode de l'iodure d'amidon. En outre, le carbonate de chaux permet de mieux saisir le changement de teinte qui se manifeste à la fin de l'opération; car la coloration due à un léger excès d'iodure d'amidon est alors beaucoup plus intense, sans doute parce qu'il masque en partie la couleur jaune de l'iodure d'argent.

— Pour analyser par cette méthode un alliage d'argent et de cuivre, on en prend $0^g,500$, qu'on dissout dans l'acide azotique pur, et l'on y ajoute assez d'eau pour en former 100 centimètres cubes, afin que la couleur du cuivre ne soit pas trop intense. On prend ensuite 5 centimètres cubes de cette liqueur. Alliages d'argent et de cuivre.

On la met dans un verre à pied et on la sature par du carbonate de chaux; puis l'on y verse de l'iodure d'amidon jusqu'à ce qu'il se produise une coloration sensible. On lit alors le nombre de divisions employées et l'on calcule la quantité d'argent contenu dans les 5 centimètres cubes. En faisant de la même manière une dixaine d'essais consécutifs, on a une moyenne suffisante qui permet d'obtenir le titre de l'alliage à 2/1000 près.

Si l'on voulait opérer sur plus de 5 centimètres cubes, il faudrait employer une quantité d'iodure d'amidon trop considérable; aussi je préfère de beaucoup le moyen

suivant : au lieu de prendre 5 centimètres cubes de la liqueur à essayer, j'opère seulement sur 2 centimètres cubes, et au moyen de l'iodure d'amidon, je dose la quantité d'argent qu'ils contiennent. Ayant de la sorte, d'une manière très-approximative, le titre de l'alliage, je prends 50 centimètres cubes de la même liqueur, et j'en précipite, par une dissolution titrée de chlorure de sodium, une quantité connue d'argent, soit les 99/100. Comme le chlorure d'argent décolore aussi l'iodure d'amidon, je le sépare par un filtre, et je dose le reste de l'argent dans la liqueur filtrée, en y versant de la liqueur normale d'iodure d'amidon.

Toutes les fois que la quantité d'argent à doser dépasse $0^{g},020$, il vaut mieux précipiter la presque totalité de l'argent par le chlorure de sodium, et puis doser le reste par l'iodure d'amidon; car s'il ne restait même que $0^{g},002$ d'argent dans la liqueur filtrée, on peut très-bien les doser par ma méthode à 1/10 de milligramme près.

Galène argentifère. — Comme les sels de plomb ne décolorent point l'iodure d'amidon, on peut avec ce même réactif analyser une galène argentifère. Pour cela, on en prend de 10 à 50 grammes, suivant sa richesse en argent, et après l'avoir dissoute dans l'acide azotique pur, on filtre pour séparer le sulfate de plomb qui se forme; puis l'on sature l'excès d'acide par du carbonate de chaux bien exempt de chlorures, et l'on filtre de nouveau s'il y avait précipité. Dans la liqueur filtrée, on ajoute encore un peu de carbonate de chaux, et l'on dose l'argent en y versant de la liqueur normale d'iodure d'amidon, jusqu'à ce qu'il se produise une légère teinte bleu verdâtre ou violacé (la couleur de la teinte dépend de l'iodure d'amidon qu'on emploie et dans bien des cas elle peut être aussi d'un bleu-violet); puis on lit le

nombre de divisions employées, et l'on calcule la quantité d'argent correspondante.

— J'ai déjà dit comment on dose par ma méthode l'argent contenu dans une galène; pour le plomb du commerce, la manière d'opérer est la même, c'est-à-dire qu'après en avoir pesé de 1 à 10 grammes, suivant sa richesse en argent, on le dissout dans l'acide nitrique, l'on sature par du carbonate de chaux, puis l'on dose l'argent par l'iodure d'amidon. Plombs du commerce.

— Pour les différents minerais d'argent, ce mode de dosage est applicable de la même manière, pourvu *toutefois qu'on ait l'argent en solution dans de l'acide azotique.* Minerais d'argent

Lorsqu'on analyse une galène ou un plomb quelconque contenant de l'argent, il faut avoir soin de préparer une liqueur normale beaucoup plus faible et dont chaque centimètre cube corresponde à moins de 1/10 de milligramme d'argent; de cette manière, s'il arrive qu'on en verse 1/2 centimètre cube en plus, on n'est pas exposé à évaluer trop haut la quantité d'argent qu'on cherche à déterminer. De plus, si la liqueur dans laquelle on doit doser l'argent est d'un volume trop considérable, il est bon de l'évaporer en partie, car 1/2 centimètre cube de liqueur normale colorera très-suffisamment un volume de 50 à 100 centimètres cubes, tandis que la teinte produite dans une plus grande quantité de liqueur sera de beaucoup moins appréciable.

Lorsqu'on dose l'argent par l'iodure d'amidon, il faut s'assurer d'avance qu'il n'y a point de mercure; car ce métal agissant sur l'iodure d'amidon comme l'argent serait une cause inévitable d'erreurs.

— Le principal avantage que présente cette nouvelle manière de doser l'argent, c'est de pouvoir en apprécier très-exactement des quantités minimes, alors qu'il Avantages du procédé.

serait impossible de les doser d'une manière exacte par les méthodes ordinaires; en outre, le changement de coloration qui survient à la fin de l'opération est si caractéristique, que l'on sait au juste quand il faut s'arrêter, sans qu'il soit nécessaire d'aller tout doucement, comme cela arrive avec le sel marin alors qu'on ne connaît point d'avance le titre approché de l'alliage.

Comme réactif des sels d'argent, il n'en est point de plus sensible que l'iodure d'amidon, car on reconnaît fort bien dans une liqueur 2/100 de milligrammes d'argent et même moins.

Si l'on voulait rechercher de petites quantités d'argent en présence de beaucoup de cuivre, la coloration de ce dernier métal empêcherait de voir si l'iodure d'amidon est décoloré. Pour constater alors la présence de l'argent j'emploie le moyen suivant :

Je prends une bandelette de papier collé à l'amidon, je la trempe dans une dissolution aqueuse d'iode, et lorsqu'elle s'est colorée en bleu, je la place dans la liqueur contenant le cuivre. S'il y a de l'argent, elle se décolore rapidement; dans le cas contraire, elle conserve sa couleur.

Exemples. — Voici quelques analyses faites soit avec l'iodure d'amidon seul, soit avec le sel marin et l'iodure d'amidon :

Un bouton d'argent provenant d'une coupellation, et pesant $0^g,892$, a été dissous dans l'acide azotique; puis j'ai ajouté assez d'eau pour avoir 100 centimètres cubes de liqueur.

1° J'ai pris 1 centimètre cube de cette liqueur, et je l'ai analysé par l'iodure d'amidon : argent trouvé = $0^g,00887$. Ensuite j'ai opéré sur 5 centimètres cubes de liqueur, et la moyenne de quatre essais a été de $0^g,04455$ pour 5 centimètres cubes; ce qui donne $0^g,891$ pour 100 centimètres cubes. Un essai comparatif fait avec le

sel marin m'a donné 0g,891 pour les 100 centimètres cubes.

Par l'iodure d'amidon,	0g,891	d'argent pour 100cc.
Par le sel marin,	0g,891	—

2° J'ai pris 0g,069 d'argent pur, après l'avoir dissous dans l'acide azotique et formé 100 centimètres cubes de liqueur; j'ai dosé l'argent par l'iodure d'amidon. La moyenne de six essais, en prenant 5 centimètres cubes chaque fois, a donné 0g,06852 pour 100 centimètres cubes. Un essai comparatif fait avec le sel marin a donné, pour 100 centimètres cubes, 0g,06820. On a donc :

Par l'iodure d'amidon . . .	0g,06852	pour les 100cc.
Par le sel marin.	0g,06820	—

3° Un alliage monétaire pesant 0g,987 a été traité par l'acide azotique; puis j'ai mis assez d'eau pour avoir 100 centimètres cubes de liqueur.

Premier essai : j'ai pris 54 centimètres cubes, et j'en ai précipité par le chlorure de sodium 0g,4775 d'argent. Après avoir filtré, j'ai dosé le reste de l'argent par l'iodure d'amidon. J'ai trouvé pour ce reste 0g,0034 d'argent.

Argent précipité par le sel marin.	0g,4775
Argent trouvé par l'iodure d'amidon. . . .	0g,0034
	0g,4809

Ce qui fait, pour 100 centimètres cubes, 0g,890. Titre de l'alliage = 901/1000.

Deuxième essai : j'ai pris 40 centimètres cubes :

Argent précipité par le sel marin.	0g,3470
Argent trouvé par l'iodure d'amidon.	0g,0086
	0g,3556

Pour 100 centimètres cubes, on a donc 0g,889 d'argent. Titre de l'alliage = 900/1000.

4° J'ai pris 4 grammes de plomb, et après l'avoir dissous dans l'acide azotique, j'ai dosé par l'iodure d'amidon l'argent qu'il contenait. J'ai trouvé pour

4 grammes, $0^{g},00026$ argent, ce qui fait pour 100 grammes: $0^{g},0065 = 6/100,000$.

J'ai opéré ensuite sur 7 grammes de plomb, et j'ai trouvé pour ces 7 grammes : $0^{g},00048$ d'argent; ce qui donne pour 100 grammes : $0^{g},0068 = 6/100,000$.

5° J'ai pris au moyen d'une liqueur titrée d'azotate d'argent, $0^{g},250$ argent.

Par le sel marin, j'ai d'abord précipité $0^{g},2423$ d'argent; après avoir filtré, j'ai ensuite trouvé par l'iodure d'amidon : $0^{g},0080$ d'argent.

Par le sel marin.	$0^{g},2423$
Par l'iodure d'amidon.	$0^{g},0080$
	$0^{g},2503$

Autre expérience : argent $0^{g},100$.

Par le sel marin, j'ai précipité.	$0^{g},095$
Par l'iodure d'amidon je trouve.	$0^{g},0052$
	$0^{g},1002$

Nouveau dosage du chlore.

Pouvant doser exactement de petites quantités d'argent, j'ai appliqué cette même méthode au dosage du chlore. A cet effet, je précipite les chlorures solubles par un excès d'azotate d'argent *en quantité connue*, j'acidifie la liqueur avec de l'acide azotique, je chauffe pour rassembler le chlorure d'argent et je filtre. Dans la liqueur filtrée, je détermine par l'iodure d'amidon l'excès d'argent employé, et j'ai, par différence, la quantité qui s'est combinée au chlore, et par conséquent le chlore lui-même. J'ai pu, par ce moyen, apprécier $0^{g},001$ de chlore à 1/10 de milligramme près. Cette méthode peut s'appliquer au dosage du chlore contenu dans les eaux minérales, et en général dans tous les cas où il se trouve en quantité trop minime pour pouvoir être dosé d'une manière exacte au moyen de la balance.

NOTE

SUR LES FORMATIONS SECONDAIRES DES ENVIRONS DE SAINT-AFFRIQUE (AVEYRON).

Par M. PARRAN, ingénieur des mines.

La connaissance et l'exploitation des richesses minérales de l'Aveyron remontent à des époques fort éloignées ; Strabon parle de l'habileté des Ruthènes dans les arts de l'orfévrerie : Tacite signale les mines du Rouergue comme très-productives, et excitant la cupidité des gouverneurs. Plus tard, du neuvième au quinzième siècle, les comtes de Rodez firent battre monnaie dans leurs châteaux avec les métaux des mines du Minier, d'Aubin, d'Orzals, de Sylvanès, etc. Dom Veissète, dans son Histoire du Languedoc, l'ingénieur Richeprey, dans ses mémoires, ont donné les premiers quelques détails sur la minéralogie de l'Aveyron. **Introduction.** **But de la présente note.**

Dans ces derniers temps, MM. Blavier, Combes, Dufrénoy, Marcel de Serre, Coquand, ont ajouté des observations nouvelles à celles que l'on possédait, et M. Boisse termine en ce moment les études importantes qu'il a faites dans le département par la publication de la carte géologique.

Le but de cette notice est de donner quelques détails sur la succession des étages secondaires, triasiques et jurassiques, compris entre la vallée de la Sorgue et le plateau du Larzac. Dans cet intervalle resserré et hors duquel nous ferons cependant quelques excursions, le géologue et même le physicien rencontrent des phénomènes dignes d'intérêt.

Caractères orographiques et physiques de la contrée.

Le plateau du Larzac constitue la partie méridionale d'un grand golfe comblé par les dépôts jurassiques, et compris entre les massifs anciens de l'Aveyron à l'ouest, de la Lozère au nord, de la Lozère et du Gard à l'est. Ces dépôts, couronnés par les assises de l'oolithe inférieure ou moyenne, forment d'immenses et arides plateaux calcaires appelés *causses*, dont le relief est légèrement ondulé, dont l'altitude généralement comprise entre 700 et 800 mètres, atteint parfois jusqu'à 1000 mètres au sommet de quelques pitons isolés. Les vallées profondes du Tarn, de la Jonte, de la Dourbie et du Cernon morcèlent le grand plateau en plusieurs parties, dont les principales sont : le causse de Séverac, celui de Concourès, du Larzac, le causse Noir, le causse Bégon, etc.

Le causse du Larzac est limité au nórd et à l'est par la Dourbie, à l'ouest par le Cernon : ces deux rivières débouchent dans le Tarn qui contourne la partie nord-ouest du plateau. Celui-ci domine au sud-ouest les vallées marneuses de Tournemire et de Saint-Paul, et se rattache par le sud-est aux formations homologues du Gard et de l'Hérault.

La bordure du Larzac est remarquable par son escarpement abrupt, le plus souvent inaccessible, haut de 100 à 150 mètres, composé de roches calcaires uniformément stratifiées en un lieu, déchiquetées et ruiniformes dans un autre. Ces puissantes assises oolithiques reposent directement sur les marnes dont le talus s'incline à partir de l'escarpement, et qui constituent la base des montagnes. Elles forment un niveau d'eau très-abondant, sur tout le pourtour et dans toutes les échancrures du plateau. Les sources jaillissent à cette hauteur, et fertilisent les champs qu'un mélange de marnes et de détritus calcaires rend particulièrement propres

à la culture des céréales et des prairies artificielles.

Les marnes se prolongent en avant des plateaux oolithiques, mais à un niveau bien inférieur, et privées dès lors de l'amendement calcaire, deviennent souvent stériles. Ravinées par les érosions, sans consistance, elles offrent une teinte noirâtre, çà et là dissimulée par une pellicule de terre ocreuse où croissent de maigres genêts.

Plus loin, les sommités liasiques surgissent de dessous les marnes de l'oolithe, et contrastent avec celle-ci par leur coupe mieux arrêtée et par leurs abrupts escarpements calcaires. Elles ne forment pas de plateaux d'une étendue comparable à celle des causses, et les roches qui les composent présentent dans leur ensemble une teinte plus foncée. Leurs croupes boisées encadrent comme une haute bordure la plaine rougeâtre et marno-schisteuse du Vabrais (Saint-Sernin, Pont de Camarès). On retrouve ici les mêmes accidents de relief, la même stérilité que plus haut, toutes les fois que les marnes affleurent. Leur couleur d'un rouge vif ou foncé, aussi bien que leur niveau très-inférieur à celui des marnes de l'oolithe, les distinguent nettement de celles-ci. Enfin, vers le sud, elles viennent buter contre les montagnes plus anciennes de Lacaune et de Brusque, qui se rattachent au massif de la montagne Noire.

Quand on compare les formations jurassiques de l'Aveyron à celles du Gard et particulièrement des basses Cévennes, on trouve des différences profondes qui appellent naturellement l'attention du géologue. Les premières formations, déposées dans un golfe abrité par de puissants massifs anciens, ont été soustraites aux perturbations qui ont agi sur les dernières. Celles-ci se présentent, en effet, en couches très-inclinées; elles constituent des bandes allongées de l'ouest à l'est du

Vigan à Saint-Hippolyte, s'infléchissent à partir de là en passant par Anduze, Alais, Saint-Ambroix, les Vans, pour pénétrer dans l'Ardèche.

Le régime des crêtes a succédé à celui des causses. Ces crêtes rocheuses et calcaires, la plupart oxfordiennes, à pentes rapides, présentent çà et là des coupures abruptes qui livrent passage aux torrents des Cévennes, et établissent la communication entre la région montagneuse et la plaine. Aux abords de ces portes naturelles, les couches oxfordiennes sont contournées, tourmentées, injectées de veinules spathiques blanches. La ville de Gange sur l'Hérault, de Saint-Hippolyte sur le Vidourle, d'Anduze sur le Gardon en sont les plus beaux exemples. Les escarpements d'Anduze excitèrent, en 1846, l'étonnement de l'illustre Léopold de Buch; la superposition directe des assises oxfordiennes sur les marnes du Kuyser ajoute encore dans cette localité à la singularité du phénomène. Les conditions dans lesquelles se sont formés les dépôts du golfe Aveyronnais et ceux des rivages cévenniques ont ainsi produit entre eux des différences tranchées. L'élément argilo-vaseux, représenté par les marnes supraliasiques, acquiert, dans le premier cas, une puissance anomale; des bancs de combustibles se sont intercalés au milieu des sédiments, la nature minéralogique des roches n'a pas échappé davantage à l'influence de cette situation, la dolomie, quoique très-répandue, l'est moins que dans les étages subcévenniques correspondants. Si, comme le pense M. Thiollière, l'oolithe inférieure manque entre les Alpes et les Cévennes, c'est dans les montagnes du Gard et de l'Aveyron qu'on peut le mieux retrouver les indices de sa réapparition et suivre son développement, qui sans être complet devient assez considérable.

Terrain des grès et schistes rouges du Vabrais (grès bigarré ou permien ?).

A une trentaine de kilomètres au sud de Saint-Affrique, on trouve, entre le Pont-de-Camarès et Brusque, les premiers contre-forts de la montagne Noire, formés par des bancs de schistes argileux luisants, et de grandes masses calcaires dans lesquels il y aura lieu de chercher les équivalents des groupes silurien, dévonien, et peut-être carbonifère, en donnant de l'extension aux aperçus de MM. Graff et Fournet. A Brusque même, on observe le contact des schistes et des calcaires, qui se trouvent séparés par un filon-couche d'un mètre d'épaisseur, dirigé à peu près nord-sud, avec une forte plongée vers l'est. *Les schistes forment le mur et les calcaires le toit.* On y trouve, dans une gangue spathique et quartzeuse, de la galène grenue, argentifère, de la blende lamelleuse et des pyrites de fer.

Les sources minérales et thermales de Sylvanez sont dans ce terrain ; les sources simplement minérales d'Andabre et de Prugnes jaillissent dans les grès et schistes rouges placés au-dessus ; les unes et les autres se trouvent dans le voisinage immédiat de filons cuivreux à gangues de quartz. Le cuivre gris y domine (Ramond-de-Dieu, Mas Andrieux) et paraît argentifère.

Le terrain des grès et des marnes schisteuses rouges qui constitue la plaine de Camarès et de Vabres vient buter contre les massifs plus anciens de Brusque. Quelques poudingues et des bancs de grès forment les assises inférieures ; les psammites, les marnes schisteuses forment le sol de la plaine faiblement accidentée par d'anciennes érosions. La teinte uniforme du sol, qui est d'un rouge brun, et sa stérilité lui impriment un cachet tout particulier. Quelques bancs de calcaire magnésien sont mêlés aux assises supérieures. Les fossiles paraissent se réduire à des empreintes végétales, le plus souvent des fougères mal conservées, des copro-

lithes, et des débris fort rares de sauriens et de poissons. On remarque un assez grand nombre de petits filons quartzeux, enrichis quelquefois par de la pyrite cuivreuse. Il en existe un entre autres près du Viala, à une centaine de mètres au-dessus du niveau du Dourdou, et sur la rive gauche de cette rivière. C'est un dyke mince affectant la direction des couches schisteuses O. 10 à 15° N., avec une inclinaison de 43° vers le nord. Le minerai, qui est de la pyrite cuivreuse, s'y trouve en assez grande quantité pour avoir motivé quelques recherches et formé l'objet d'une demande en concession. La roche encaissante est imprégnée de silice et de pyrite cuivreuse extrêmement divisée; ces imbibitions sont assez fréquentes dans le terrain en question.

L'épaisseur du système est considérable, mais très difficile à évaluer à cause du peu de relief qu'il présente et de la grande étendue qu'il occupe. Les coupes naturelles manquent.

Les auteurs de la carte géologique de France ont exactement tracé les limites de ce terrain, qu'ils ont rapporté à l'étage du grès bigarré du Trias. Il est permis aujourd'hui d'élever quelques doutes à cet égard. La discordance nette qu'on observe, en effet, entre ces dépôts et les marnes keupériennes qui la recouvrent, l'absence, dans ces dernières, des failles quartzeuses et des imbibitions cuivreuses tendent à les séparer les uns des autres. D'un autre côté, la liaison des grès et schistes rouges avec des couches positivement reconnues comme permiennes aux environs de Rodez, de Lodève, de Neffièz, etc., semblerait les rapprocher de celles-ci.

La formation triasique se réduirait alors dans l'Aveyron, comme dans le Gard et l'Ardèche, au seul terme des marnes keupériennes. De nouvelles recherches sont

nécessaires pour trancher la question. Hâtons-nous d'arriver aux formations secondaires qui font le but spécial de cette note ; nous en avons représenté (Pl. IV, *fig.* 16), un diagramme depuis Saint-Affrique jusqu'à Nant, suivant une ligne brisée qui passerait à Roquefort, la Cavalerie et les Liquisses.

Marnes keupériennes. Puissance : 80m.

Cet étage est désigné sur la carte et dans l'explication de la carte géologique de France sous le nom de grès infraliasiques ; et, en effet, il se lie d'une manière intime aux assises inférieures de l'infralias, tandis qu'il repose en stratification discordante sur les grès et les marnes rouges. Cependant, comme ses caractères persistent avec une constance remarquable dans les départements de la Lozère, de l'Ardèche et du Gard ; comme M. E. Dumas a constaté, sur plusieurs points, des lambeaux isolés de cet étage plaqués sur les schistes anciens, nous admettrons, en l'absence des fossiles, qu'il est le représentant des marnes keupériennes. Voici la composition de cet étage, telle qu'on l'observe aux environs de Saint-Affrique, et telle qu'elle se reproduit dans les contrées limitrophes.

Au-dessous de l'infralias, on voit alterner des marnes bariolées de gris, de vert et de rouge, avec des bancs de grès et de calcaires caverneux, dolomitiques, occupant la partie moyenne de l'étage qui se termine dans le bas par des grès compactes d'une quinzaine de mètres d'épaisseur. Ce grès est ordinairement blanc, un peu verdâtre, à grain fin, et fournit de bonnes pierres d'appareil. Il repose sur un conglomérat à gros galets quartzeux et à ciment feldspathique de 6 à 7 mètres d'épaisseur.

L'ensemble de ces couches présente la direction nord-ouest — sud-est, avec une faible plongée vers le nord-est.

L'épaisseur totale est comprise entre 70 et 90 mètres. Elles constituent la partie moyenne des hauteurs, à sommités liasiques, placées sur la rive droite de la Sorgue, et de l'îlot homologue de la Loubière, sur la rive gauche.

C'est dans la partie supérieure de cet étage, au-dessus des calcaires dolomitiques, que se trouvent les amas de gypse formant, dans l'Aveyron comme dans le Gard, un horizon géologique très-net. On l'exploite à Saint-Affrique, à Montaigu, à Saint-Félix, à Vabres, etc.

M. Boisse a donné la coupe de cette dernière localité. On y trouve deux couches de gypse; la plus basse donne une pierre blanche et saccharoïde; elle a 1 mètre de puissance et est séparée de la plus haute par 2^{m},50 d'argile bariolée gypsifère. Celle-ci présente, sur une épaisseur de 1^{m},20, un gypse grisâtre et grenu, c'est la seule qui soit connue à Saint-Affrique.

La pierre à plâtre est parfois colorée en bleu ou en rose, et renferme quelques parties d'anhydrite; elle forme des amas de 150 à 200 mètres de longueur sur 3 à 4 de large, régulièrement intercalés dans la stratification. A notre avis, il n'y a point ici de métamorphisme, mais simplement dépôt par voie chimique. Pendant le dépôt des marnes keupériennes, les sources thermo-minérales présentèrent une activité extraordinaire.

Ici les sulfates alcalins, alcalino-terreux et métalliques prédominèrent; ils formaient le cortége des émanations souterraines auxquelles les failles signalées dans la période précédente avaient livré passage. Nous avons recueilli, dans les plâtrières du Gard, des cristaux de sulfate de magnésie (epsomite), et de nos jours encore, dans la contrée qui nous occupe, les sources thermales ou minérales de Sylvanès, d'Andabre et de

Prugnes, riches en sulfates alcalins, jaillissent au contact des anciens filons.

Le conglomérat, à gros éléments, forme la limite inférieure de l'étage. On le voit, en beaucoup de points, reposer d'une manière contrastante sur les *marnes rouges*, comme l'indique la coupe prise au *Mas de Coucut* (Pl. IV, *fig.* 17). Il y a donc là une séparation très-nette et qui fait de ces dernières une formation tout à fait distincte. M. Dufrénoy n'a pas manqué, dans sa description des terrains aveyronnais, de signaler cette discordance.

Terrains jurassiques infralias (25ᵉ) sinémurien (d'Orb.) part.

La série jurassique comprend les différents termes du lias plus ou moins réduits, les marnes supraliasiques, les calcaires de l'oolithe inférieure, et quelques plaques oxfordiennes disséminées sur les causses où elles forment des monticules peu élevés et à pentes douces. On peut évaluer à 500 mètres la puissance moyenne de cet ensemble, dont les diverses parties passent les unes aux autres par gradations insensibles et sans discordance appréciable; un simple retrait, dans leurs limites successives, indique les oscillations du sol correspondant à des soulèvements encore inconnus. La direction des couches varie entre le nord-ouest — sud-est et le nord-nord-ouest — sud-sud-est avec une inclinaison très-faible vers le nord-est.

L'infralias commence, dans sa partie inférieure, aux environs de Saint-Affrique, par un banc de poudingue ou de grès quartzeux qui se désagrége et se rouille rapidement à l'extérieur. Son épaisseur varie de 3 à 4 mètres, et il repose directement en concordance sur les marnes keupériennes; au-dessus alternent des bancs de calcaires marneux et de calcaires compactes, gris clair, en lits de carrière, fournissant des moellons de bonne qualité. La puissance de l'infralias, qu'on recoupe en

montant de Saint-Affrique à Tiergues, est de 25 mètres environ. Les fossiles y sont très-rares; d'après M. Dumas, qui a décrit celui du Gard, la faune de cet étage serait distincte de celle du trias et de celle du lias. M. Fournet le considère comme l'équivalent du muschelkalk, mais cette opinion n'a pas prévalu; il nous paraît plus naturel d'y voir la transition du terrain jurassique à celui du trias, dans les pays où l'action sédimentaire n'a pas été interrompue.

Calcaires et dolomies infraliasiques, 80m. (Sinémurien d'Orb. part.)

L'étage des dolomies infraliasiques, si régulier et si remarquable par ses beaux escarpements dans le Gard, se poursuit avec des caractères semblables dans la contrée qui nous occupe. Sa puissance peut être évaluée à 80 mètres au moins. C'est lui qui imprime aux montagnes liasiques, dont il couronne les hauteurs, leur cachet particulier. Il présente ordinairement un double escarpement divisé par des bancs de calcaires plus ou moins magnésiens. Le plus bas, taillé à pic sur une hauteur de 20 à 30 mètres, rappelle l'aspect d'une vieille fortification. Les nids de sable, les grottes et les cavernes y abondent. La dolomie, parfois friable et sablonneuse, est le plus souvent compacte, d'un gris jaunâtre, persillée. Les gens du pays la nomment *Rouquet* et en tirent une bonne pierre de taille. Le rocher du Caylus, à 1 kilomètre au nord-est de Saint-Affrique, appartient à cet étage; il frappe les yeux du voyageur par sa coupe carrée, qui le fait ressembler aux manoirs féodaux du voisinage.

Calcaire à bélemnites et à gryphées, 80m. (Liasien d'Orb.)

Ces assises dolomitiques sont recouvertes par des bancs calcaires d'un gris bleuâtre foncé, tantôt durs et tenaces, tantôt passant à la marne, et, dans tous les cas, s'oxydant et prenant la teinte ocreuse sous l'influence atmosphérique. Ces calcaires renferment des nodules siliceux noyés dans la masse qu'on distingue à

leur nuance plus foncée. Leur puissance totale varie de 40 à 60 mètres environ, et ils représentent les puissants dépôts calcaires du Gard, compris par M. E. Dumas sous la désignation de *calcaire à gryphée arquée*, dont l'épaisseur est de 300 mètres. La réduction est, comme on le voit, très-considérable; elle porte sur la partie inférieure, composée de roches compactes dans le Gard : les couches à *gryphée arquée* ont aussi disparu. Cet étage occupe une grande superficie par suite de l'érosion des marnes supraliasiques; il forme le sol de la plaine de Lauras, entre Saint-Affrique et Roquefort, et celui de la vallée du Cernon, auprès du hameau de la Bastide.

Les fossiles y sont très-nombreux, notamment auprès du hameau de Lauras et de celui de Tiergues, sur la route de Rodez ; nous y avons reconnu les suivants :

Belemnites niger, Lister. — *Belemnites Bruguierianus*, D'Orb. — *Belemnites clavatus*, Blain.

Lima punctata? Sow. — *Plagiostoma giganteum*, Sow. — *Lima succincta?* Bron.

Pecten æquivalvis, Sow.

Pholadomya ambigua? Ziet.

Gryphæa gigas, Schl.

Gryphæa cymbium, Lam., et autres espèces voisines de celle-ci. — *Terebratula rimosa*, Buch.

Nautilus truncatus, Sow.

Ammonites fimbriatus, Sow. — *A. Becheii*, Sow. — *A. Davæi*, Sow. — *A. spinatus*, Brug.

Modiola (*Scalprum?*) Sow.

Perna aut Gervilia, indét.

De nombreux *Trochus*, dont quelques-uns atteignent de grandes dimensions ($0^m,12$ de diamètre à la base, sur $0^m,09$ de hauteur).

Les Bélemnites (*Niger* et *Bruguierianus*) abondent

surtout à la partie supérieure. Parmi les rayonnés, nous citerons seulement le *Pentacrinus lævis* Mil.

Marnes supraliasiques, 200m. (Toarcien d'Orb.)

L'étage des marnes supraliasiques acquiert un grand développement dans les dépôts du golfe aveyronnais, à cause du calme relatif qui présidait à la sédimentation. Sa puissance, qui ne dépasse pas 100 mètres dans le Gard, en a souvent plus de 200 aux environs de Roquefort et de Tournemire. Du reste, elle est très-variable, car les marnes se sont déposées sur les dernières assises du lias déjà accidentées, et en ont comblé toutes les dépressions. C'est ainsi que, dans la grande échancrure du Larzac, où coule le Cernon, le niveau des couches liasiennes se trouve beaucoup plus élevé que dans la plaine de Lauras, à trois kilomètres vers le sud, et que l'épaisseur de la couche marneuse se réduit à une trentaine de mètres, comme on peut le constater en suivant la *Côte-Rouge*, de Saint-Rome à la Cavalerie. De plus, le passage minéralogique entre les deux étages est assez tranché, les marnes succèdent brusquement aux calcaires. Au contraire, dans la partie supérieure, elles se fondent insensiblement dans les assises de l'oolite avec une concordance parfaite et une transition si bien ménagée, qu'il faut établir un peu arbitrairement la ligne de démarcation. Ces faits motivent parfaitement, dans la contrée qui nous occupe, le classement des marnes supraliasiques dans l'oolite inférieure, comme l'a proposé depuis longtemps M. Dufrénoy.

On trouve d'abord à la base une succession de schistes marneux gris, fissiles comme de l'ardoise, mais se délitant rapidement à l'air ; ils renferment de nombreuses empreintes, quelques bélemnites grêles et des ossements de sauriens (à tendigues). Au-dessus viennent des marnes friables, d'un noir bleuâtre caractéristique,

avec de nombreux sphéroïdes (*septaria*) de calcaire ferrugineux contenant souvent des fossiles. C'est la partie riche en débris organisés ; on y rencontre aussi des plaques de lignite analogue au jayet, des veinules de sulfate de chaux, de sulfate de baryte près du village de Tournemire, et quelquefois de l'alun. Enfin, au-dessus, vient une autre série de marnes prenant une nuance grise, dépourvues de fossiles et allant se relier à l'étage supérieur.

Les couches dont nous venons de parler, doivent à leur faible consistance d'avoir été ravinées dans tous les sens par les érosions. Elles présentent en miniature l'enchevêtrement compliqué des grands massifs montagneux ; quelques monticules coniques sont demeurés çà et là, et marquent, par leurs cimes, le niveau des terrains qui ont disparu. Le talus devient de plus en plus rapide à mesure qu'on s'élève vers les escarpements oolitiques ; la pente varie entre 10 et 30 degrés. Les champs amendés ici par les détritus calcaires sont d'excellente qualité, mais souvent très-pierreux. La culture remonte jusqu'à la limite des marnes, où jaillissent de nombreuses sources sur tout le pourtour du plateau.

Parmi les nombreux fossiles de la région moyenne, nous avons recueilli les suivants :

Nucula claviformis, Sow., ou *Leda rostralis*, d'Orb.
Nucula ovum, Sow.
Unicardium uniforme, d'Orb. (moule).
Hettangia Dionvillensis, Terq.
Belemnites exilis, d'Orb.
Belemnites tripartitus, Schl.
Trochus duplicatus, Sow.
Natica Pelops, d'Orb. (moules).
Ammonites bifrons, Brug.

Ammonites Raquinianus, d'Orb. — *Aut insignis*, Schu.

Ammonites complanatus, Brug.

Ammonites serpentinus, Rein.

Ammonites radians, Rein.

Les couches qui renferment les bivalves, et surtout celles qui renferment l'*A. radians*, sont placées au-dessus de celles qui contiennent les *A. bifrons*, *complanatus* et *insignis*. Les bélemnites abondent plus spécialement dans la partie inférieure.

Oolite inférieure, 95m. (Bajocien d'Orb.)

Comme nous l'avons dit, cet étage se rattache d'une manière intime au précédent; il se divise par sa nature minéralogique et par ses fossiles en deux sous-étages qui passent insensiblement l'un à l'autre.

Sous-étage inférieur, 25. Marnes à térébratules.

Le sous-étage inférieur se compose d'une série de marnes qui succèdent aux marnes supraliasiques. Elles sont grises, micacées, un peu sableuses, et alternent avec des calcaires marneux qui finissent par dominer. Nous les distinguons à titre de sous-étage à cause de la présence d'une petite térébratule plissée qui se trouve en quantité prodigieuse vers la partie moyenne. Cette térébratule, que nous rapportons à la *Terebratula furcillata*, *Theod.*, forme l'horizon paléontologique le plus net de la contrée; la roche en est pétrie, et on la rencontre toujours à la séparation des marnes et des calcaires.

Sous-étage supérieur, 70m. Calcaire.

Ceux-ci constituent notre sous-étage supérieur; ils forment la paroi abrupte qui borde les causses et sont recouverts en quelques endroits par les assises oxfordiennes. Leur nature minéralogique varie d'un lieu à un autre; la silice y est très-abondante : elle forme même dans la partie moyenne des bancs presque entièrement siliceux qui s'étendent fort loin, qu'on retrouve dans le Gard, et qui fournissent un bon repère

Sources siliceuses et magnésiennes de l'oolithe inférieure.

à l'observateur. Les calcaires passent aussi fréquemment à la dolomie normale, ce qui indique que les émanations magnésiennes et siliceuses présentèrent à cette époque une intensité particulière, qui persista encore longtemps, car la dolomie abonde dans les dépôts oxfordiens de ces contrées. En revanche, les sources siliceuses ne paraissent pas avoir dépassé les sédiments inférieurs de l'oolithe. Outre la silice et la magnésie, les eaux contenaient des principes ferrugineux qui donnèrent naissance à des oxydes rouges, rassemblés quelquefois en petits amas qu'on exploite comme *sanguine*. Ce dernier caractère est clairement manifesté par la teinte rubigineuse des rochers ou des terres, comme on peut le voir en remontant la vallée du Cernon de Saint-Rome à la Cavalerie. Il résulte aussi de cela que les fossiles sont concentrés dans les bancs purement calcaires placés vers la partie supérieure de l'étage, où ils constituent de véritables lumachelles, car ils n'auraient pu subsister dans les eaux minéralisées qui donnèrent naissance aux assises inférieures. Empâtés du reste dans la roche, il est fort difficile de les y déterminer; nous y avons reconnu principalement ces térébratules lisses, plus ou moins allongées, mais globuleuses, si fréquentes dans l'étage inférieur de l'oolithe (*T. perovalis?* Sow.; *T. simplex?* Buchm.; *T. ovoides?* Sow.; *T. sphæroidalis?* Sow.) en France comme en Angleterre.

Dans le Gard, entre Anduze et Sumène, et particulièrement aux environs de Saint-Hippolyte, les émanations magnésiennes reprirent une nouvelle intensité et firent périr tous les animaux marins, car la dolomie renferme les débris des mêmes térébratules, qu'on reconnaît facilement, malgré leur altération.

L'ensemble des dépôts que nous venons de décrire

correspond aux deux sous-étages que M. E. Dumas a signalés dans le Gard, savoir :

L'inférieur (calcaires et marnes à fucoïdes).	40 mètres.
Le supérieur (calcaires à entroques). . . .	50
Total	90

Mais nos subdivisions sont différentes; l'horizon si net de la *Terebratula furcillata* n'ayant pas été à notre connaissance signalé dans ce département.

1er niveau charbonneux.

C'est dans cet étage que se trouvent et que sont exploités quelques bancs de combustibles aux environs de Trèves, à Saint-Sulpice, sur le Trevezels, et au-dessous de Révens, au moulin des Gardies, sur la Dourbie. M. Dufrénoy les rapproche de ceux de Whitby dans le Yorkshire. Le charbon présente une certaine analogie avec la houille; il est parfois collant, et a été désigné par le nom de *Stipite* dans la minéralogie de Brogniart.

Il ne faut pas confondre ces couches de combustible avec celles qui sont placées sur les causses mêmes, et dont nous parlerons tout à l'heure.

Voici du reste la coupe détaillée de l'escarpement oolithique inférieur pris à la fracture du mont Cambalou, au-dessus du village de Roquefort. (Voyez *fig.* 18, pl. IV.)

Coupe prise à Roquefort.

	mètres.
k. Calcaire oolitique lumachelle à térébratules.	4
h. Calcaire compacte, jaunâtre, à l'aspect fragmentaire, avec larges fissures verticales.	22
g. Calcaire compacte brun.	4
f. Banc siliceux, blanchâtre, avec noyaux calcaires, présentant une texture rugueuse, et se délitant par grandes plaques à la surface, ce qui l'a creusé et placé fort en retraite des calcaires superposés.	3
e. Calcaire compacte avec cherts.	20
d. Calcaire magnésien avec nids de sable gris.	2
A reporter.	55

		mètres.
	Report.	55
e.	Calcaire marneux d'un gris bleuâtre se délitant en boules à la surface.	15
Aq.	Niveau d'eau.	
b.	Marnes et calcaires marneux pétris de *Terebratula furcillata.*	10
a.	Marnes grises micacées friables reposant sur les marnes supraliasiques auxquelles elles passent insensiblement.	15
	Total.	95

Le ciment calcaire qui réunit les grosses térébratules du banc supérieur prend souvent une couleur blanche et une texture crayeuse.

Ces lumachelles oolithiques, ou leurs équivalents, constituent le sous-sol de la majeure partie des Causses, et notamment du Larzac. Cependant il existe en plusieurs points, aux environs de Roquefort, de la Cavalerie, de Nant, etc., un système d'assises supérieures. Elles constituent des monticules isolés, plus ou moins étendus, dont la base est argileuse et dont le couronnement est calcaire, fréquemment dolomitique. La partie argileuse, dont l'épaisseur varie de 5 à 10 mètres, renferme des bancs d'un combustible analogue à de la houille terreuse; c'ert le niveau charbonneux le plus élevé, et celui qui alimente les exploitations bien connues de la *Cavalerie* et des *Liquisses* sur le Larzac; on le retrouve sur les causses voisins, et il forme partout, à une altitude peu variable, un horizon géognostique précieux. Quelques rognons de fer hydroxydé, semblables au minerai phosphoreux des marais, sont disséminés dans l'argile. Quelques assises marneuses établissent le passage entre celle-ci et les bancs calcaires supérieurs, qui sont nettement stratifiés, mais qui passent dans le haut à des masses dolomitiques plus confuses.

Étage oxfordien 60m. 2e niveau charbonneux.

Coupe prise à Roquefort.

Voici la coupe relevée au-dessous du village de Roquefort (*fig.* 18, pl. IV); elle est dépourvue des dolomies supérieures qui manquent ici :

		mètres.
q.	Calcaire esquilleux gris clair en couches minces. Puissance.	3
p.	Calcaire gris jaunâtre clair subsaccharoïde avec empreintes de peignes.	26
n.	Calcaires ferrugineux avec druses de chaux carbonatée (*à pointements équiaxes*).	3
m.	Calcaire gris mat cendré, compacte, alternant avec des lits de marnes remplies de petites bivalves et de térébratules.	8
b.	Couche d'argile grise avec bancs de houille terreuse et minerais de fer.	8
	Total.	48

La térébratule, qui abonde dans la couche *m*, m'a paru devoir être rapportée à l'espèce *Terebratula varians*, Schl.; celle-ci se trouve, comme on sait, dans le *Jura brun* est de Quenstedt, équivalent aux marnes oxfordiennes.

La dolomie qui surmonte les assises ci-dessus ou qui les remplace est blanche, un peu jaunâtre, et présente de l'analogie avec le *Rouquet* du lias inférieur; elle renferme de nombreux cristaux de chaux carbonatée. Le calcaire gris mat cendré *m* mérite une mention particulière; il présente nettement tranchés les caractères minéralogiques du calcaire compacte oxfordien, si constants dans le sud-est de la France, et renferme de nombreuses lamelles spathiques très-brillantes disséminées dans la masse.

Remarques sur l'âge de ces dépôts.

Considérés dans leurs parois de fracture, les escarpements supérieurs de Roquefort ressemblent beaucoup à ceux d'Anduse, qui sont taillés dans l'étage oxfordien. Nous rapportons donc à ce dernier étage l'ensemble des couches que nous venons de décrire, en

établissant l'absence complète des membres intermédiaires, *Grande-Oolithe*, *Forest-Marble*, *Cornbrash*, en un mot, du *Bathonien* de M. d'Orbigny. L'assimilation de l'assise argileuse au *Fullers-Earth*, et des calcaires supérieurs à ceux du bathonien, proposée par quelques géologues, ne nous paraît pas motivée, ni surtout conforme à l'économie du régime jurassique dans cette partie de la France.

D'ailleurs, quand on embrasse dans leur ensemble ces calottes calcaires disséminées sur les causses, on les voit se rattacher aux dépôts oxfordiens du Gard. Il est vrai que ceux-ci présentent, dans ce département, une manière d'être un peu différente, et un développement bien plus complet; mais il est facile de se rendre compte de ces variations.

M. Dumas a discerné avec beaucoup de sagacité, dans l'oxfordien des Cévennes, quatre sous-étages, qui sont, en commençant par la partie supérieure :

	mètres.
4. Bancs calcaires, d'un gris clair, plus ou moins jaunâtre passant à la dolomie	50
3. Calcaire gris bleuâtre compacte	100
2. Calcaire plus ou moins marneux se divisant les nodules polyédriques irréguliers et attenant avec des marnes grises argileuses	30
1. Marnes grises feuilletées	40
Total	220

Si l'on compare ces divisions à la coupe donnée plus haut, et que nous avons relevée avec soin, on verra que des éléments semblables s'y retrouvent disposés dans le même ordre et à peu près dans les mêmes proportions; le sous-groupe inférieur devient plus argileux dans l'Aveyron, et il se charge de quelques veines charbonneuses et de rognons de fer hydroxydés. La présence de ces derniers éléments semble indiquer que

le golfe aveyronnais se trouvait à peu près comblé par les sédiments *Bajociens*; que les eaux y devinrent relativement très-basses pendant le dépôt de la houille et des minerais de fer, que le sol subissant ensuite un affaissement lent, les rudiments divers du groupe oxfordien purent s'y former, sinon d'une manière uniforme, au moins disséminés çà et là. Il nous serait bien difficile, outre les considérations déjà présentées, d'admettre, au contraire, dans le golfe, un reflux des mers *Bathoniennes* qui y auraient déposé leurs sédiments sans en laisser de traces sur les rivages cévenniques voisins.

Éruptions basaltiques. Tufs et travertins.

Les basaltes se sont fait jour, en plusieurs points, dans la contrée qui nous occupe. Il en existe auprès de Saint-Martin du Larzac, de la Blaquerie, de l'Hospitalet et dans la vallée de Roquefort. Dans cette dernière localité, ils affectent la forme d'un dyke noirâtre, à parois verticales et fort élevées. Le centre de l'éruption est sur le versant nord de la vallée, dans une échancrure demi-elliptique pratiquée au milieu des marnes et des calcaires de l'oolithe inférieure.

Les assises ont conservé leur inclinaison, qui est très-faible, et la roche n'est point modifiée au contact. Il existe seulement entre celle-ci et le basalte un conglomérat ou tuf d'une dizaine de mètres d'épaisseur, formé par le mélange de la pâte éruptive avec les débris marneux et calcaires des parois. Ces débris, englobés dans la masse, ne sont pas même altérés, à l'exception des rognons marneux qui ont jauni et qui sont devenus friables. Le conglomérat se décompose à cause de la grande proportion de péridot qu'il renferme et se réduit en sable; on n'y trouve point associées ces terres rouges et pouzzolaniques, que renferment certains basaltes de Larzac, et entre autres ceux des envi-

rons de l'Hospitalet. Quant à la roche elle-même, elle est très-tenace, très-riche en grains de péridot et en globules d'arragonite fibreuse ; elle présente aussi des clivages pseudo-réguliers. La branche principale du dyke est dirigée nord-sud. Elle est due à un épanchement du basalte dans une longue crevasse qui coupe les marnes supraliasiques et se termine en coin dans la profondeur.

Ces épanchements amenèrent à leur suite des sources calcaires incrustantes dont les dépôts ont rempli quelques cavités de l'oolithe. On en exploite au hameau de Tournemire *qui fournissent, pour les maçonneries cintrées, des voussoirs très-légers et très-solides.*

La vallée de Roquefort est limitée, au nord, par un avancement du Larzac, qui la sépare de la vallée du Cernon, et au sud par un plateau appelé Cambalou, qui n'est qu'un appendice actuellement détaché du premier. Elle est orientée E. 20° S. — O. 20° N., et présente tous les caractères d'une vallée d'érosion. Il est certain qu'elle doit sa forme actuelle à des phénomènes de ce genre, mais il est possible que les fractures par lesquelles le basalte est arrivé au jour, aient contribué dans le principe à détacher la pointe extrême du Larzac, isolée aujourd'hui sous le nom de Cambalou de l'autre côté de la vallée. Quoi qu'il en soit, les érosions, après avoir déblayé les calcaires supérieurs, ont entamé et creusé les marnes supraliasiques jusqu'aux bancs les plus consistants de la base, sur lesquels coule le ruisseau de Tournemire. Dans la région qui nous occupe, les couches du Larzac se relèvent un peu vers les bords, d'où il résulte que les assises du plateau de Cambalou plongent vers la vallée et tendent à glisser sur les marnes. Celles-ci, sans cesse corrodées et minées par les eaux, ont fini par laisser en surplomb les escarpe-

Remarques sur la vallée et sur les caves de Roquefort.

ments calcaires placés au-dessus. Une immense fracture s'est produite au-dessus de l'endroit où est bâti Roquefort, sur une longueur de 2.500 mètres environ; le front de la montagne s'est brusquement affaissé, puis a glissé sur le talus marneux l'espace d'une centaine de mètres.

La cassure est rectiligne et dirigée dans le sens de la vallée; elle présente, sur toute sa longueur, une paroi verticale bordée d'un large fossé correspondant à l'amplitude du glissement. Au-dessus de la vieille chapelle de Saint-Pierre, la paroi a plus de 100 mètres de haut, et le fossé 150 de large. L'ébranlement et la chute de la montagne emmenèrent des éboulements, des dislocations, et finalement un désordre, qui impriment à ce lieu le cachet de la solitude et de la désolation.

Le silence est troublé seulement par le cri des corneilles, que répercute un écho sonore. Partout des blocs épars sur de grands talus pierreux, ou entassés pêle-mêle. Quelques aiguilles hardies se dressent au milieu des masses renversées; des couloirs resserrés et obscurs, souvent obstrués par les éboulis, séparent les tronçons de la montagne abattue; semblables à des cryptes ténébreuses, ils sont un objet de crainte superstitieuse pour les habitants, qui les désignent sous le nom de *las Baragnaoudos*, ou *Roches de la peur*.

C'est au milieu de ces débris que s'élèvent les maisons et que sont établies les célèbres caves de Roquefort : celles-ci sont des cavités ménagées au milieu des quartiers de roches éboulées, agrandies ou même creusées par la main de l'homme, et non des grottes naturelles ouvertes dans l'oolite, comme on le pense généralement. Ce qui les rend très-singulières, ce sont les soupiraux ou conduites souterraines qui y soufflent

sans cesse un air très-froid et très-humide. La température moyenne des caves varie de 6 à 7 degrés centigrades; nous avons trouvé seulement 5 degrés dans la plus froide de toutes (la cave appelée *l'Enfer*), et encore la fermentation des fromages devait-elle produire un certain échauffement. On peut admettre que certains soupiraux laissent échapper de l'air à 4 degrés, et, dans tous les cas, il est complétement saturé d'humidité. L'intensité du courant est souvent assez forte pour éteindre les lumières.

Une étude attentive des localités permet d'expliquer très-facilement ces curieux phénomènes (*fig.* 18).

L'air extérieur entre au pied de l'escarpement dans les éboulis par des orifices naturels α, parcourt des canaux plus ou moins sinueux, et va ressortir par d'autres orifices β, γ, placés à un niveau inférieur. La colonne gazeuse en α est plus froide que celle qui presse en β ou γ, à cause de l'exposition en plein nord de l'escarpement. La colonne engagée dans la conduite souterraine est aussi généralement plus froide que l'air extérieur en β et en γ, et ces deux causes suffisent pour déterminer et entretenir l'aérage.

La basse température et l'état hygrométrique de l'air des soupiraux s'expliquent par une évaporation très-active qui a lieu pendant le trajet du gaz. Il existe en effet au-dessous des éboulis une nappe d'eau qui coule sur les marnes et qui est considérable, s'il faut en juger par les sources abondantes jaillissant sur le versant de la vallée.

On pourrait croire que le courant d'air doit se renverser en hiver, lorsque la température extérieure est plus basse que celle des caves; il n'en est rien cependant, et cela ne doit pas surprendre, car l'on sait que l'aérage une fois établi dans un sens, persiste souvent

malgré la modification des causes extérieures. Il faut remarquer ici que le mouvement de l'eau glissant rapidement sur un talus marneux UV, doit entraîner mécaniquement les particules gazeuses dans le sens du courant descendant.

Telles sont les particularités physiques qui distinguent les caves de Roquefort. Leur concours est nécessaire pour donner à ces caves une complète efficacité : canaux ménagés dans les éboulements, orifices supérieurs placés dans la région la plus froide de la montagne, nappe d'eau souterraine pour refroidir l'air par évaporation et le saturer d'humidité.

Il existe, dans le massif intact de Cambalou, une vaste grotte à stalactites, appelée *la Grotte des Fées*, dans laquelle l'air est stagnant, peu humide, et la température de 11 à 12 degrés. Elle forme, à une très-faible distance, un contraste remarquable avec les caves ventilées de Roquefort.

RAPPORT

SUR LE FREIN AUTOMOTEUR DE M. GUÉRIN,

ADRESSÉ A SON EXCELLENCE LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS.

PAR UNE COMMISSION COMPOSÉE DE MM.

PIOBERT,
général de division d'artillerie, membre de l'Académie des sciences;

CH. COMBES,
inspecteur général des mines, membre de l'Académie des sciences;

CH. COUCHE,
ingénieur en chef, professeur de construction et de chemins de fer à l'École des mines, rapporteur.

L'insuffisance des freins en usage sur les chemins de fer est manifeste; on en est encore, pour les wagons, à l'ancienne *mécanique* des diligences, perfectionnée sans doute, mais avec cette circonstance très-défavorable que l'agent chargé de la manœuvrer le fait sur signal, et non de son propre mouvement. En somme, avec une vitesse quintuple, l'application des moyens d'arrêt n'est guère moins lente ni plus sûre que pour les routes de terre, et le maximum d'effet, qui correspond au calage des roues, est nécessairement beaucoup moins élevé.

Le mécanicien, qui dispose de la puissance motrice, devrait également tenir, en quelque sorte, dans sa main, tous les moyens d'arrêt. Dans l'état actuel des choses, il ne peut caler que les roues du tender, et, à la rigueur, les roues motrices de la machine; le poids qu'il peut *faire glisser* sur les rails s'élève ainsi à 25 tonnes environ, soit 1/5 seulement du poids qu'atteignent souvent les trains *express*.

Ce n'est pas d'aujourd'hui seulement qu'on a tenté

de combler cette grave lacune dans les moyens d'action du mécanicien sur le train qu'il dirige ; et plusieurs inventeurs ont cherché la solution dans un même artifice, qui est, en effet, naturellement indiqué par le mode adopté presque partout pour la liaison mutuelle des voitures à voyageurs.

Principe sur lequel il est fondé.

Le mécanicien, aidé de son auxiliaire immédiat, le chauffeur, peut à volonté ralentir brusquement la tête du train. La fermeture du régulateur, le serrage précipité du frein du tender suffisent pour produire cet effet, auquel concourrait, au besoin, le renversement de la vapeur (1).

Les wagons, conservant d'abord leur vitesse, viennent successivement se presser les uns contre les autres, en refoulant mutuellement leurs tampons à ressort, et la force vive due à leur excès de vitesse se transforme ainsi en travail.

Jusqu'ici, et malgré quelques inconvénients bien connus, attachés à ce système, la force retardatrice consiste toujours dans le frottement dû à l'application de sabots en bois sur les bandages ; et à la limite, au glissement des bandages sur les rails. Pour obtenir, entre les sabots et les jantes, la pression à laquelle correspond le *calage*, il faut un certain temps et un certain

(1) On exagère souvent les services que peut rendre la contre-vapeur. Elle est fort utile pour arrêter brusquement une machine ou un train qui marche lentement ; mais, à grande vitesse, il ne faut pas trop compter sur elle. Le renversement du levier n'est possible que quand les tiroirs sont soustraits à la pression de la vapeur, de sorte qu'il faut successivement :

1° Fermer le régulateur ;

2° Renverser le levier de changement de marche ;

3° Rendre la vapeur.

Quelque promptitude que le mécanicien y mette, cette manœuvre entraîne une perte de temps, fort grave à grande vitesse.

travail, qui dépendent, toutes choses égales d'ailleurs, du mode de construction du mécanisme, et de la flexibilité des pièces.

Aujourd'hui, ce travail est fourni par les garde-freins; mais rien n'empêche de le prélever sur le travail de *condensation* du train, travail développé, comme on l'a dit plus haut, par le seul fait du ralentissement en tête que détermine à volonté le mécanicien. On réalise ainsi les deux conditions capitales : l'unité d'action, la rapidité.

Conditions de l'application de ce principe.

Mais l'application de ce principe est évidemment subordonnée à trois conditions :

1° Il faut que le ralentissement produit en tête, par les moyens directs dont le mécanicien dispose, développe dans le train des réactions assez intenses, et assez prolongées;

2° Il faut, d'un autre côté, que les freins n'entrent pas en action sous la seule influence des variations accidentelles de la vitesse en tête, et des réactions qu'elles déterminent entre les véhicules;

3° Il faut enfin, que le train puisse être *refoulé* sans que les sabots viennent presser les jantes, et s'opposer ainsi au mouvement de recul.

Examinons successivement ces trois points :

1° Intensité et persistance des réactions.

1re condition : Intensité des réactions.

Dans la disposition adoptée par M. Guérin (1), les tiges des tampons agissent sur le frein par l'intermédiaire de l'un des ressorts de choc, et d'une combinaison de leviers qui quadruple, en la transmettant aux sabots, la pression exercée sur les deux tiges.

Il serait facile de poser les conditions de masses et de vitesse relative, nécessaires pour le calage des roues d'un wagon sous l'action de cette pression ainsi ampli-

---

(1) Voir la description détaillée, à la suite du rapport, p. 146.

fiée ; mais des évaluations de ce genre seraient sans intérêt en présence des résultats bien plus concluants, et exposés plus loin, de l'observation directe. Bornons-nous donc ici, et sauf à justifier bientôt cette assertion, à poser, comme un fait parfaitement établi, que le mécanicien peut, par le simple ralentissement du moteur (machine et tender) et sans recourir à la contre-vapeur, développer entre les éléments de son train, des réactions assez intenses pour caler très-rapidement *le quart au moins* des roues du train.

Intensité variable à volonté des moyens d'arrêt.

Remarquons de suite que le mécanicien peut aussi détruire complétement la vitesse du train sans développer entre ses éléments des réactions notables, et sans mettre, par suite, les freins automoteurs en jeu. Cette faculté de graduer à volonté la pression des sabots, de faire intervenir, dans une mesure plus ou moins grande, l'action automatique, est une des propriétés les plus utiles du principe. Si un arrêt très-prompt est nécessaire, le mécanicien ralentit, en tête, aussi brusquement que possible ; s'il a devant lui, du temps et de l'espace, s'il aborde une station placée au sommet d'une rampe, etc., il agit graduellement, mollement sur la tête ; il règle, en un mot, la pression des sabots, jusqu'à une certaine limite d'intensité, avec autant de précision que s'il agissait directement sur eux. L'expérience prouve qu'un mécanicien attentif apprend bien vite à tirer parti de cette sensibilité, qui est le trait caractéristique de l'appareil.

2° Persistance des réactions.

Quant à la persistance des réactions, on a élevé contre elle une objection assez spécieuse pour inspirer, au premier abord, une certaine défiance dans l'efficacité de l'action automatique des tampons à ressort.

Partant de ce principe, que le ralentissement en tête

donne naissance à une série de chocs qui se propagent entre les corps élastiques dont le train est formé, on en a conclu que les sabots seraient en pression, dans chaque wagon à frein, seulement pendant la durée très-courte de *la première partie du choc élastique*, et qu'ainsi, à peine serrés, les freins se relâcheraient.

Mais l'assimilation qui sert de base à cette objection n'est exacte, ni pour les trains de marchandises, parce que l'élasticité de leurs éléments est très-imparfaite ; ni pour les trains de voyageurs, parce qu'il s'agit alors, en réalité, non d'une série de corps choquants, mais d'un système élastique continu, animé d'abord d'un mouvement commun de translation, et sur l'extrémité antérieure duquel vient agir une certaine résistance.

Si le système était soumis seulement, outre la force retardatrice appliquée en tête, aux réactions mutuelles de ses éléments, et libre d'ailleurs, il est évident que la condensation due, dans chaque section, à l'excès de vitesse de la masse qui la suit, persisterait aussi longtemps que le ralentissement de la vitesse en tête. La liberté dont il s'agit n'existant pas, la force retardatrice appliquée en tête donnant naissance à d'autres forces extérieures appliquées en des points intermédiaires, il pourrait se faire, sans contredit, que la vitesse dans une certaine région devînt, à un instant donné, égale à celle de la tête, ou même moindre ; il y aurait, dès lors, expansion locale du train, avec suppression de la force retardatrice en ce point. Mais si l'application de la force retardatrice en tête a toujours lieu, l'infériorité de la vitesse en tête reparaît bientôt, et, avec elle, la condensation et la force retardatrice locales passagèrement supprimées.

Ainsi, nul doute que la pression mutuelle entre les tampons de deux véhicules ne puisse, bien avant l'arrêt, décroître et devenir nulle ; mais il n'en est ainsi que

quand le mécanicien veut que cela soit. Il est maître de la persistance des réactions, comme de leur intensité.

Moyens d'empêcher l'action irrégulière des freins.

2° *Moyen de prévenir l'action spontanée des freins.*

M. Guérin a eu soin de donner au ressort de choc T (Pl. I, *fig.* 1 à 5) qui agit par son milieu sur le levier de l'arbre du frein, un certain *temps perdu*. Il l'a, de plus, lié par un tirant, à un ressort additionnel *rr*, dont la roideur, déterminée par tâtonnement, est telle qu'il fasse équilibre par lui-même aux réactions *maxima* développées par les simples irrégularités des vitesses relatives, et cela dans toutes les positions qu'un wagon peut occuper dans un train. L'action spontanée des freins n'est possible dès lors que si un ralentissement se produit en tête, indépendamment de la volonté du mécanicien, c'est-à-dire en cas de rencontre d'un obstacle; elle ne peut évidemment qu'atténuer la gravité des conséquences d'un tel fait.

La résistance de ce ressort entre nécessairement en déduction de la pression utile acquise aux sabots; aussi ne faut-il pas exagérer cette résistance : mais il y a assez de marge pour qu'il soit facile d'éviter les deux écueils, c'est-à-dire, d'une part la sensibilité désordonnée des freins, et, de l'autre, leur défaut de puissance.

Ce ressort supplémentaire a aussi pour fonction de rappeler les tampons et les sabots, et de concourir ainsi au travail général de dilatation du train une fois l'arrêt consommé. On verra plus loin combien il est facile de suppléer, au besoin, à son insuffisance apparente sous ce rapport. La détermination de ce ressort est simplement, pour un matériel donné, une affaire de tâtonnement. M. Guérin a été conduit à appliquer au matériel d'Orléans un ressort ayant 400 kilogr. de bande initiale, $0^{m},20$ de flèche en place, et qui se rectifie sous une charge de 1.000 kilogr. Ces éléments paraissent convenables.

3° *Faculté de reculer.*

Il est clair que le recul serait impossible si les sabots étaient invariablement liés aux tampons. Or, le recul est indispensable dans une foule de circonstances (dans les manœuvres ; — pour le garage des trains qui, sur les chemins à deux voies, s'opère toujours par *refoulement* ; — pour revenir, dans les stations, au droit d'un quai dépassé par le train, etc., etc.).

Moyen de concilier le recul avec l'action des tampons sur les sabots.

C'est contre ce problème de la liberté du recul qu'ont échoué, jusqu'à ce jour, tous ceux qui ont poursuivi l'idée des freins mus par les tampons. La plupart des inventeurs (comme M. Riener, par exemple), se sont, en désespoir de cause, arrêtés à un déclanchement opéré à la main, wagon par wagon, après l'arrêt. Un pareil expédient n'est pas une solution.

M. Guérin a été plus heureux. Depuis 1843, cet ingénieur s'est attaché, avec une louable persévérance, à la réalisation du frein automoteur, et, dès cette époque, il a compris que la condition *sine quâ non* du succès est celle-ci : le train étant arrêté, et détendu par l'action simultanée des ressorts de choc et des ressorts de rappel, il faut que les sabots cessent, par le seul fait de ce mouvement d'expansion, de dépendre des tampons; le mouvement rétrograde pourra alors s'effectuer sans obstacle.

Énoncé du problème.

Mais il faut, d'un autre côté, que la dépendance des tampons et des sabots renaisse d'elle-même avec le mouvement direct du train dès qu'il acquiert une certaine vitesse, afin que les freins soient prêts à agir au besoin.

M. Guérin a réalisé cette double condition par un mécanisme simple et ingénieux, que la Pl. I, représente clairement.

Jeu du mécanisme qui le résout.

Considérons un train partant du repos : tant que la

vitesse est très-faible, 8 ou 10 kilomètres à l'heure, par exemple, les sabots sont indépendants des tampons; le ressort de choc ne pouvant pas reculer, le train est dans les conditions du matériel ordinaire, à un seul point près : c'est que, si les tiges des tampons rentrent dans leurs guides, le ressort de choc, au lieu de s'appuyer sur la traverse médiane du châssis, reporte tout l'effort, par l'intermédiaire de la barre d'attelage, sur le milieu de la traverse *d'about*. Jusque-là donc, rien de changé dans les moyens de détruire la vitesse, les freins automoteurs pouvant aussi (en partie, si ce n'est tous, ce qui serait inutile) être à volonté serrés également à la main, comme l'indique la *fig.* 1. La manœuvre à bras reste donc, comme aujourd'hui, le seul moyen d'arrêt, soit dans la marche en avant tant que la vitesse est très-réduite, comme celle des mouvements en gare, soit dans la marche rétrograde, qui, du reste, s'opère toujours aussi très-lentement; mais il est clair que l'action automatique, dès qu'elle a été rendue libre par le fait d'une vitesse plus grande, ne cesse nullement de l'être jusqu'à l'arrêt complet, comme l'ont cru quelques personnes à la suite d'un examen superficiel.

Dès que la vitesse croissante atteint la limite indiquée, de 8 ou 10 kil., la barre d'attelage doit devenir indépendante de la traverse d'about du châssis, afin de restituer au ressort de choc la liberté du mouvement de recul, mouvement qui met, comme on l'a vu, le frein en jeu; il faut, en d'autres termes, que l'épaulement ε (*fig.* 1 à 4) du crochet d'attelage butte contre la traverse, tant que la vitesse est inférieure à la limite fixée, et que la barre glisse, au contraire, librement dans l'œil de la traverse, dès que la limite est atteinte. Cette condition est remplie au moyen d'une double fourchette *ff*, intercalée, dans la première période, entre l'épaulement du

crochet et la traverse, et dégagée dans la seconde. Cette relation entre la position de la fourchette et la vitesse du train, est réalisée au moyen d'un débrayage à force centrifuge ; une sorte de manchon en fonte *mm* $\mu\mu$ embrasse un des essieux, auquel il est lié par deux goujons formant un axe autour duquel il tourne librement. Au repos, ce manchon est rappelé par deux petits ressorts à boudin ρ,ρ, et se couche sur l'essieu. La vitesse croissant, il se redresse; les masses μ, μ tendent à se placer dans un plan normal à l'essieu, ce qui a lieu quand la vitesse atteint le degré fixé pour le déclanchement de la fourchette d'arrêt. Celle-ci est liée par une longue tringle *t* à une bielle oscillante *l*, suspendue au châssis du wagon, et qu'un poids ϖ maintient constamment appliquée sur le manchon de l'essieu. Il est, on le conçoit, facile de donner respectivement à ce manchon et aux ressorts à boudin un profil et une roideur tels que le levier *l*, changeant d'inclinaison, dégage la fourchette dès que la vitesse atteint la limite fixée (1).

Les éléments sont alors dans leur situation normale, et ils y restent tant que la vitesse n'est pas entièrement *détruite. C'est seulement* quand le train est arrêté, puis *détendu, que la fourchette* vient de nouveau se loger dans l'intervalle, redevenu libre, entre la traverse et le crochet d'attelage, et que l'état initial se rétablit de lui-même.

Le frein automoteur était trouvé, mais il fallait le mettre à l'épreuve. *Premières expériences sur ce frein.*

La compagnie d'Orléans, pénétrée de l'importance de la question, autorisa M. Guérin à faire fonctionner

(1) Voir l'explication de la planche, p. 146.

son frein sur la ligne de Corbeil, en lui donnant d'ailleurs les facilités les plus complètes. C'est ainsi que l'expérience a pu avoir lieu régulièrement, sans bruit, pendant plus d'un an, ce qui a permis aux membres soussignés de suivre individuellement, bien avant que la commission fût instituée, cette intéressante application.

Leur objet essentiel.

C'est surtout pour apprécier la valeur pratique du mécanisme de débrayage, qu'une expérience aussi prolongée a été jugée nécessaire. Aussi ne mettait-on, jusque-là, qu'un seul automoteur dans le train. Il était placé immédiatement après le tender et soumis ainsi à la poussée de tout le reste du convoi (1), circonstance qui favorisait singulièrement l'action du frein; mais il s'agissait de constater, avant tout, la sûreté du jeu des pièces, et les conditions de leur entretien. L'expérience de la ligne de Corbeil est, à cet égard, des plus concluantes, et les observations ultérieures la confirment encore. Le mécanisme n'est sujet ni aux ruptures ni aux dérangements; il n'en est pas de moins exigeant pour l'entretien : propriétés toutes simples, du reste, si on considère la lenteur des mouvements relatifs et la faiblesse des efforts auxquels les pièces sont soumises.

Quant à l'efficacité de l'action automatique dans ces circonstances qui lui étaient du reste si favorables, nous avons constaté plusieurs fois que les roues du wagon à bagages, muni de l'appareil automoteur, lesté et pesant 8.500 kilogrammes, étaient toujours calées aussitôt, si ce n'est même plus tôt, que celles du tender; de sorte que le mécanicien et le chauffeur enrayaient indirectement un véhicule pesant 8^t,5,

(1) Le garde-frein de queue était conservé, mais il ne fonctionnait pas.

sans que cela exigeât ni une seconde, ni un effort de plus.

Ces premiers résultats ne pouvaient manquer de fixer l'attention de l'Administration supérieure. Sur son invitation, la compagnie d'Orléans autorisa l'inventeur à transporter l'expérience sur la ligne principale (dont le profil se prête mieux à l'étude des questions relatives aux freins), et à faire entrer dans le même train plusieurs wagons à frein automoteur. Cette nouvelle période d'expériences ayant paru justifier pleinement la confiance que quelques ingénieurs accordaient déjà au système de M. Guérin (1), nous reçûmes de M. le Ministre la mission de suivre l'application faite sur le chemin de fer d'Orléans, et de constater, au besoin, par des expériences spéciales, le parti qu'il est possible de tirer de ce nouveau mode d'action des freins. **Seconde série d'expériences.**

Nous avions à examiner le système à un double point de vue, c'est-à-dire : ***Expériences spéciales faites par la commission.*** **Points que la commission avait à étudier.**

1° Dans les conditions ordinaires du service, les freins servant seulement à régler les arrêts aux stations, et, au besoin, à limiter la vitesse sur les fortes pentes.

2° Dans les circonstances accidentelles qui exigent l'arrêt le plus prompt possible.

Nous avons fait, dans ce but, trois séries d'expériences : l'une, de Paris à Orléans; l'autre, de Paris à Corbeil; la troisième, sur la rampe du chemin atmosphérique de Saint-Germain.

---

(1) La cinquième classe du jury de l'Exposition universelle a décerné à M. Guérin une médaille de deuxième classe, malgré la réserve que lui imposaient des expériences encore incomplètes à cette époque. (Voir les *Rapports du jury* : Rapport de M. Couche, t. I, p. 255.)

1° *De Paris à Orléans.*

Ligne : Paris à Orléans. Train-omnibus. Train omnibus. (Voir la composition de ce train, p. 35).

	tonnes.
Poids de la machine et du tender.	29,60
Poids du train remorqué.	101,24
Poids du train brut.	130,84

Nombre des wagons à frein automoteur, 3.

Poids des wagons à frein automoteur, 18t,6, soit 18,37 p. 100 du train remorqué.

Le troisième wagon, à partir de la queue, était pourvu d'un frein ordinaire, mais il n'était pas manœuvré.

Paris à Orléans. Les trois automoteurs ont été placés immédiatement après le tender. Tous les moyens d'arrêt, machine, tender, wagons à frein, étaient donc à la disposition du mécanicien seul, et accumulés en tête du train.

La marche a eu lieu conformément au tableau de service, c'est-à-dire à la vitesse moyenne effective de 28k,83 à l'heure.

Faits observés. La commission a constaté :

1° Que le mécanicien gouvernait son train avec une grande facilité, arrêtait avec précision, sans hésitation, aux points voulus, et commençait à ralentir, en abordant les stations, plus tard qu'il ne l'eût fait avec le même nombre de freins manœuvrés par les conducteurs.

2° Que le calage des roues avait lieu presque simultanément pour les trois automoteurs consécutifs, quoique la poussée du train ne pût s'exercer sur le premier qu'en passant par le second et le troisième, préalablement calés.

3° Que l'accumulation, en tête, de tous les moyens d'arrêt, n'entraînait aucune réaction brusque, à tel point que les voyageurs ne s'apercevaient même pas qu'il y eût quelque chose de changé, à cet égard, aux

dispositions habituelles. (Le même fait a été constaté, comme nous l'indiquerons plus bas, page 130, dans des circonstances beaucoup plus significatives.)

4° Que le mécanisme d'embrayage, pour le recul, fonctionne d'une manière irréprochable. Le mécanicien ayant, à diverses reprises, reçu l'ordre de dépasser un peu la station, y revenait sans plus de difficulté qu'avec un train pourvu de freins ordinaires.

2° *D'Orléans à Paris* (1). Orléans à Paris.

	tonnes.
Poids de la machine et du tender	29,45
Poids du train remorqué	80,37
Poids du train brut	109,82

Nombre de freins automoteurs, 2.

Poids des freins automoteurs, 12ᵗ,6, soit 15,67 p. 100 du train remorqué.

Les deux automoteurs étaient encore placés en tête.

Tout s'est passé avec la même régularité que dans le voyage précédent.

Nous noterons, de plus, que la descente d'Étampes ayant été abordée à dessein, avec une assez grande vitesse, le mécanicien a pu, par la simple manœuvre du ralentissement en tête, provoquer très-promptement le calage des roues des deux automoteurs, et n'eût pas tardé à arrêter complétement sur la rampe. L'expérience n'a pas été poussée jusque-là, parce qu'un arrêt inusité eût jeté quelque inquiétude parmi les voyageurs.

3° *De Paris à Corbeil.*

Nous avions besoin, cette fois, d'une liberté d'action que le service des voyageurs ne pouvait nous laisser; aussi avons-nous opéré sur un train spécial. Il était formé de wagons à marchandises (wagons du Nord *Ligne de Paris à Corbeil.* Paris à Corbeil.

(1) Voir la composition du train, p. 147.

chargés de houille) ; ce qui avait le double avantage de nous affranchir de tout ménagement, et de tendre à exagérer les effets que quelques personnes redoutent encore de l'action brusque des freins.

	tonnes
Poids de la machine et du tender.	36,18
Poids du train remorqué.	109,12
Poids du train brut.	145,30

Nombre des freins automoteurs, 3.

Poids des freins automoteurs, 30ᵗ,32, soit 22,78 p. 100 du train remorqué.

Les trois wagons-freins étaient placés immédiatement après le tender.

Mode d'observation.

On indiquait au mécanicien la vitesse approchée à laquelle il devait marcher. L'uniformité établie, un observateur, muni d'un compteur, notait le temps employé à franchir un certain nombre de poteaux télégraphiques: la vitesse étant connue, on donnait au mécanicien le signal du ralentissement en tête, et on observait le temps écoulé et l'espace parcouru jusqu'à l'arrêt.

Expériences.	VITESSE par seconde.	VITESSE par heure.	Pression dans la chaudière.	Profil du chemin.	Espace parcouru.	Temps écoulé.	OBSERVATIONS.
	mèt.	kil.	atm.		mèt.		
1	16,5	60	8	palier.	390	45″	Rails secs, vent faible.
2	16,5	60	7 1/2	palier.	400	45″	*Id.*

De Corbeil à Paris.

4° *De Corbeil à Paris.*

	tonnes.
Poids de la locomotive et du tender.	36,18
Poids du train remorqué.	77,17
Poids du train brut.	113,35

Nombre des freins automoteurs, 2.

Poids des freins automoteurs, 20ᵗ,24, soit 26,23 p. 100 du train remorqué.

(Le troisième wagon à frein automoteur de la course

précédente faisait également partie du convoi, mais sa position en queue (l'avant-dernier) annulait son action).

Le premier frein automoteur était placé derrière le tender; venaient ensuite trois wagons, puis le second frein, suivi lui-même de trois wagons.

Expériences.	Vitesse par seconde.	Vitesse par heure.	Pression dans la chaudière	Profil du chemin.	Espace parcouru.	Temps écoulé.	Observations.
	mèt.	kil.	atm.		mèt.		
1	16,5	60	6 1/2	Pente de 0,002	350	35″	Rails secs.
2	16,5	60	6 1/2	Palier.	325	28″	Rails secs.
3	13	65	6	Pente de 0,0005	275	25″	Rails secs. Contre-vapeur.

Dans ces expériences, sauf la dernière, le mécanicien n'employait, pour ralentir en tête, que les moyens usuels, c'est-à-dire la fermeture du régulateur et le serrage du frein du tender. Dans la dernière il a, de plus, renversé la vapeur.

Ces résultats doivent être regardés comme des limites.

Attentifs au signal, ayant la main, l'un au régulateur, l'autre à la manivelle du frein, le mécanicien et le chauffeur ne perdaient pas un instant; la manœuvre était faite avec une promptitude qu'il serait impossible de dépasser, et souvent même difficile d'atteindre dans le service. Les résultats qui précèdent doivent donc être regardés comme la limite de ce que peut donner, dans les circonstances indiquées de vitesse et de composition du train et d'état des rails, l'action automatique des tampons mise en jeu par les moyens de ralentissement en tête, tels qu'ils sont aujourd'hui (1).

(1) Il n'aurait pas été sans intérêt de faire une seconde application du renversement de la vapeur; mais, en présence de la répugnance très-prononcée du mécanicien, nous n'avons pas cru devoir insister pour que cette expérience fût renouvelée.

Remarques sur l'innocuité de l'accumulation des freins et de leur mise en jeu aussi prompte que possible.

Nous avons déjà cité plus haut (page 127) une observation importante, pleinement confirmée par cette dernière série d'expériences : au moment de la manœuvre d'arrêt, on n'éprouvait pas le moindre choc, ni sur les machines ni sur les wagons à frein, malgré la triple influence de la vitesse, de la grande rigidité du train, et de la concentration des forces retardatrices sur sa région antérieure. C'est un point capital, sur lequel il est à propos d'entrer dans quelques détails.

On a souvent exprimé des craintes sur les effets d'une prompte mise en jeu des freins. L'arrêt brusque serait par lui-même, a-t-on dit, une cause d'accidents exactement de même nature et non moins graves parfois que ceux qu'il a pour but de prévenir. En principe, cela est hors de doute ; mais ce qui ne l'est pas moins, c'est qu'on n'a rien de semblable à redouter des moyens d'arrêt fondés sur l'enrayage partiel ou complet des roues par l'application, si rapide qu'elle soit, d'une pression sur leurs jantes. Les inventeurs ont souvent affiché la prétention d'arrêter, dans l'espace de quelques mètres, un train lancé à toute vapeur ; une aussi prompte destruction de la force vive accumulée dans le train supposerait, ainsi qu'on le reconnaît immédiatement, une pression *moyenne* énorme, et, par suite, des effets destructeurs ; mais ces effets ne sont pas à craindre, attendu que la cause est impossible. Rien de plus simple que d'assigner le maximum d'effet du genre de freins dont il s'agit ; il suffit de supposer toutes les roues du train, y compris celles de la machine, calées subitement, et d'attribuer au coefficient du frottement des jantes sur les rails sa valeur maximum, en la considérant comme indépendante de la vitesse (1). P étant le

(1) Voir plus bas, p. 132.

poids du train brut, p celui des parties tournantes (roues et essieux), r leur rayon, K leur rayon de giration, V la vitesse du train, à l'instant du calage, exprimée en mètres par seconde, l'espace e parcouru jusqu'à l'entière destruction de la vitesse se déduit évidemment de la relation :

$$\frac{1}{2g}\left(P+p.\frac{K}{r^2}\right)V^2=f.P.e,$$

ou, admettant que $p=\frac{1}{10}P$, $\frac{K^2}{r^2}=0{,}54$ et $f=0{,}2$,

$e=0{,}273\,V^2$. Ce qui donne pour

$V=$ 10$^{m''}$(36^{kh}), 15$^{m''}$(54^{kh}), 20$^{m''}$(72^{kh}), 22$^{m''}$(79^{kk},2)

$e=$ 27^{m},30, 61^{m},37, 109^{m},20, 132^{m},13.

Trois causes se réunissent pour élever l'espace nécessaire bien au-dessus de ces limites, lors même qu'on réaliserait, comme cela a lieu dans divers systèmes, l'application d'une pression suffisante sur chacune des roues. De ces trois causes, une, variable, est la valeur du coefficient du frottement, qui atteint assez rarement son maximum; la seconde est l'influence, tout au moins *fort probable*, de la vitesse sur la grandeur de ce coefficient; la troisième est le temps notable qu'exige la propagation du mouvement qui met les freins en jeu, quel que soit le mécanisme que remplit cette fonction.

Cette dernière influence est sensible, dans le système de M. Guérin, comme dans tous les autres. Le calage des deux automoteurs n'a eu lieu, par exemple, dans les deux dernières expériences citées page 129, qu'après un parcours de 150 mètres pour l'une et de 100 mètres pour l'autre.

Quant à la diminution du coefficient du frottement quand la vitesse croît, ce fait paraît bien établi par les

expériences faites récemment au chemin de fer de Lyon sur le frein de M. Cochot (1). Tout indique que la valeur initiale du coefficient est relativement très-faible quand les freins agissent sur un train lancé à grande vitesse; de sorte que, quoi qu'on fasse, la force retardatrice est appliquée, non-seulement d'une manière graduelle, mais aussi avec une intensité *maximum* très-réduite au début.

On s'explique donc facilement l'absence de toute action brusque, de tout effet comparable à celui de la rencontre, même à une vitesse très-réduite, d'un obstacle matériel.

Ajoutons cependant que si la concentration des moyens d'arrêt, et leur application aussi prompte que possible, ne présentent aucun danger pour les voyageurs, si on ne doit pas hésiter à user, *au besoin*, de moyens énergiques pour ralentir la tête du train, l'accumulation systématique des freins serait nuisible au matériel, à cause de la médiocre résistance que présente la liaison des caisses et des châssis, et de la constitution des caisses elles-mêmes.

5° *Rampe du chemin atmosphérique de Saint-Germain.*

Freins envisagés au point de vue du mouvement rétrograde d'une portion de train sur une rampe.

Il importait de fixer le degré de confiance que doivent inspirer les freins automoteurs dans un cas dont l'importance, encore restreinte, croîtra avec les progrès du réseau continental.

La fonction essentielle des freins est de régler et au besoin de détruire le mouvement *direct;* mais il faut aussi, lorsqu'un train gravit une rampe très-inclinée,

(1) Voir le rapport spécial de M. Couche sur ce frein, adressé à M. le Ministre le 15 septembre 1856.

se mettre en garde contre les conséquences d'une rupture d'attelage, et s'assurer les moyens de détruire rapidement la vitesse *rétrograde* de la partie séparée du moteur.

Le frein de M. Guérin se prête parfaitement à cette condition nouvelle; il suffit de placer en queue, un ou deux automoteurs, sans action dans le mouvement direct, mais qui constitueront la garantie contre le danger d'une marche rétrograde. Leur mise en jeu, dans le cas d'une séparation de train se comprend d'elle-même. Le garde-frein de queue, nous l'avons déjà fait remarquer, est toujours conservé; inutile au point de vue de la marche en avant, il est indispensable pour prévenir les conséquences d'une rupture d'attelage, même sur les lignes à faibles rampes, ainsi que le prouvent quelques exemples bien connus. Dans les conditions actuelles, c'est-à-dire au moyen d'un frein unique, cet agent pourra maîtriser la portion séparée du train, sur une rampe de quelques millièmes; mais il ne le pourra pas sur les longues rampes de 0,025, 0,030, 0,035 même, qu'on ne craint pas maintenant d'accepter pour franchir les obstacles naturels qui se dressent devant les voies ferrées.

Que le wagon de queue, pourvu d'un frein manœuvré à bras soit précédé de 1, 2, 3 automoteurs, et alors, en cas de rupture d'attelage, et de recul, le tronçon ainsi séparé se trouvera, en ce qui touche aux moyens d'arrêt, à peu près dans les mêmes circonstances qu'un train descendant la rampe, machine en tête. En ralentissant, au moyen du frein à bras, le wagon de queue devenu le wagon de tête, le garde mettra en jeu les freins automoteurs, exactement comme le font le mécanicien et le chauffeur, dans le mouvement direct, en agissant sur la machine et le tender.

Expériences sur la ligne de Saint-Germain.

Il était, néanmoins, utile de vérifier, par l'expérience, l'efficacité de ce genre d'action. Cela était facile, grâce à la rampe du chemin atmosphérique, qui offre un spécimen de ces *tracés extrêmes* auxquels nous faisions allusion tout à l'heure. Trois wagons à freins automoteurs furent, en conséquence, remorqués, sur la voie latérale (1), jusqu'à la station de Saint-Germain, où un train fut composé comme il suit :

	tonnes.
1° Un wagon à frein automoteur, mais manœuvré à bras. 2° Les deux autres automoteurs.	30
3° Quatre wagons à voyageurs, de l'Ouest, pesant, vides, 6t,5 l'un; — plus 1 tonne, poids des personnes qui assistaient à l'expérience.	27
	57

Le train, lancé, comme à l'ordinaire, sur le petit palier de la station au moyen du cabestan à air, acquit rapidement sur la pente de 0,035 une vitesse considérable, que la simple manœuvre du frein à bras maîtrisa presque immédiatement, en déterminant le calage des deux automoteurs, qui faisaient feu de toutes leurs roues. Les freins furent lâchés, puis serrés de nouveau, et on arrêta complétement sur la partie, inclinée à 0,012, de la rampe parabolique. Nul doute que l'arrêt n'eût pu être obtenu de même sur la partie en pente de 0,035; mais le peu de temps que nous laissaient les exigences du service du chemin de fer ne permit pas de faire une nouvelle épreuve.

Discussion des objections qu'on peut élever contre le système.

Les faits qui précèdent nous paraissent donner un véritable caractère d'évidence aux précieuses res-

(1) Les manchons de débrayage ne permettaient pas à ces wagons de circuler sur la voie qui porte le tube pneumatique.

sources qu'offre le frein de M. Guérin ; mais les conditions de sécurité sont inséparables des exigences impérieuses du service, et il est impossible d'envisager les unes sans tenir, en même temps, très-grand compte des autres. En matière d'exploitation technique des chemins de fer, des objections légères ou même futiles en apparence peuvent constituer en pratique de véritables impossibilités. Il est donc indispensable de discuter la valeur des reproches adressés, à ce point de vue, au frein de M. Guérin.

1° Le châssis d'un wagon à frein automoteur n'est plus symétrique relativement à son axe transversal. On avait dans l'origine regardé comme essentiel de placer *en avant* les tampons qui commandent le frein. Il semblait, en effet, naturel de procéder ainsi, la propre masse du wagon à frein concourant alors avec celle des wagons suivants, au serrage des sabots. Mais cette condition eût constitué un assujettissement d'une certaine gravité, et la nécessité de retourner bout pour bout les freins mal orientés a été souvent objectée comme un inconvénient assez sérieux. Cette nécessité, heureusement, n'existe pas ; nous avons, à diverses reprises, fait placer dans les trains des automoteurs avec les tampons *de commande* à l'arrière, et le serrage des sabots n'en a nullement souffert. Si même il y a une différence, elle est en faveur de cette position ; le serrage paraît gagner un peu en promptitude : fait dont on se rendra facilement compte, si l'on remarque qu'avec les tampons de *commande en avant*, la poussée des wagons suivants n'arrive sur les sabots que retardée par la flexion du ressort de choc *d'arrière*, tandis que dans la position inverse l'effet est immédiat. Au surplus, on peut parfaitement, en pratique (et c'est là l'essentiel), négliger cette faible influence de la dissymétrie, et

1° Défaut de symétrie des wagons à frein.

atteler les wagons à frein dans le sens où ils se présentent.

2° Prétendue nécessité d'une répartition invariable des freins automoteurs dans les convois.

2° On a souvent aussi reproché au système de M. Guérin d'exiger que les wagons à frein soient répartis dans les convois suivant une loi déterminée. Partant de ce fait, que le calage des roues d'un wagon exige la poussée d'une masse triple ou quadruple, on en a conclu que les automoteurs devraient être séparés par trois ou quatre wagons sans freins, de manière à décomposer le train en tronçons, dans chacun desquels l'action automatique s'exercerait comme dans un petit train avec un seul automoteur en tête. Ce grief serait grave, s'il était fondé, car il serait difficile d'assujettir la composition des trains à une semblable règle; mais les expériences dont nous avons rendu compte plus haut prouvent que cette distribution méthodique des freins n'est nullement une condition de leur efficacité. Que les automoteurs soient tous réunis en tête, ou qu'ils soient disséminés dans le train, et qu'ils le soient d'une manière ou d'une autre, peu importe, pourvu seulement que le dernier soit suivi de deux ou trois wagons ordinaires, ou, en d'autres termes, pourvu qu'on regarde comme non avenu, pour la marche directe, tout automoteur compris parmi ceux-ci. Il est évident, en effet, que les wagons de queue ne sont pas soumis à une poussée assez forte pour déterminer le calage de leurs roues, et que, d'un autre côté, une certaine masse doit rester libre à l'arrière du train pour agir avec toute son inertie sur la masse qui la précède, si l'on veut obtenir des freins qu'elle renferme leur maximum d'action. Nous reviendrons bientôt sur le nombre de freins; il nous suffit en ce moment d'établir que l'introduction du système ne complique nullement la formation des trains.

3° On a exprimé aussi des doutes sur le jeu du mécanisme qui restitue au train, par le seul fait de l'arrêt, la faculté de reculer; il est certain (et nous l'avons remarqué plusieurs fois) que l'expansion du train ne s'opère pas toujours d'elle-même, après l'arrêt, d'une manière assez complète pour permettre à la fourchette de reprendre sa position de repos entre le crochet d'attelage et la traverse. Des ressorts de rappel plus forts y pourvoiraient; mais il est bien préférable de compléter, par une légère impulsion de la machine, la détente du train. Deux coups de piston suffisent pour l'opérer à coup sûr. 3° Le rétablissement spontané de l'indépendance des tampons et des sabots, au moment de l'arrêt, n'a pas toujours lieu.

Cette simple précaution pare à tout, et doit toujours être prise. Aussi, sur le chemin d'Orléans, un ordre de service recommande-t-il aux mécaniciens, qui conduisent des convois à freins automoteurs, de ne *refouler* qu'après avoir *détendu*, en faisant faire à la machine un tour en avant.

4° Mentionnons enfin une dernière objection : il est, dit-on, fâcheux que l'installation des freins franchisse les limites du châssis et de ses dépendances, — et vienne empiéter sur les essieux, en créant une catégorie spéciale de *roues montées*, — celle des roues avec le manchon sur l'essieu. Il y a là, sans doute, une condition nouvelle pour les approvisionnements et pour l'entretien; mais si le système est appliqué sur une grande échelle, cette condition n'aura rien de gênant pour l'entretien, sans devenir pour cela onéreuse. Des considérations de cet ordre auraient d'ailleurs bien peu de poids, en présence d'avantages constatés sous le rapport de la sécurité. 4° Le système exige une catégorie spéciale de roue montées.

Nous n'avons pas craint d'entrer dans de longs détails sur le frein Guérin considéré en lui-même; l'importance de la question ne nous permet pas de négliger *Frein Guérin, comparés aux systèmes fondés sur d'autres principes.*

un autre élément d'appréciation, — c'est-à-dire la comparaison sommaire de ce système, soit avec celui que l'usage a consacré jusqu'à ce jour, soit avec d'autres fondés sur des principes différents.

Il a, sur le premier, l'avantage de supprimer du même coup, et des intermédiaires d'une vigilance souvent suspecte, — les garde-freins, — et un mécanisme sûr, mais lent, — la transmission à vis. En supposant même les gardes toujours irréprochables, un signal du mécanicien peut très-bien, surtout s'il est complétement inattendu, les surprendre dans une position impropre à la manœuvre du frein. La perte de temps est toujours inévitable; mais c'est surtout dans les circonstances où il importerait le plus de la réduire qu'elle tend à s'accroître.

Avec le frein automoteur, le mécanicien, seul à même d'apprécier le degré d'urgence de l'arrêt, applique seul aussi, comme il l'entend, les moyens mis à sa disposition exclusive. Ces moyens, il connaît, par expérience, leur étendue; il sait sur quoi il peut compter avec eux, et il agit en conséquence; tandis que le frein à bras n'est pour lui qu'un élément variable, incertain, sur lequel il n'a qu'une action indirecte et précaire.

Ajoutons que le partage de la responsabilité, en ce qui concerne une mesure aussi importante, dans certains cas, que l'application des moyens d'arrêt, est par lui-même un grave inconvénient.

On peut, par contre, objecter que la puissance des freins, mis en jeu par l'action des tampons, est plus restreinte que celle des freins manœuvrés à bras.

Cela serait exact seulement à la limite, et en dehors des conditions de la pratique.

Dans le système de M. Guérin, il n'y aurait effectivement, sous le rapport de l'*intensité totale* de la force

retardatrice appliquée au train, aucun avantage à porter le nombre des wagons à frein au delà du tiers ou du quart du nombre total des véhicules. Dans le système ordinaire, rien n'empêcherait d'appliquer des freins à toutes les voitures, si l'économie n'avait aussi ses exigences auxquelles on ne peut se soustraire complétement. En fait, jamais en France ni ailleurs on n'a songé à exiger un garde sur chaque voiture. Sur le chemin de fer à voyageurs qui présente les rampes les plus fortes de beaucoup, celui de Turin à Gênes (1), la proportion réglementaire des wagons à frein est de 1/2 pour les trains de voyageurs, et 1/3 pour les trains de marchandises. Dans les circonstances de profil ordinaires, elle descend à 1/6 et même au-dessous. En pratique, l'objection est donc sans portée.

On ne peut, dès lors, refuser au frein Guérin une grande supériorité sur le frein ordinaire, tel qu'on l'applique. D'ailleurs, quand on multiplierait le personnel, le second aurait toujours contre lui l'inévitable lenteur et l'incertitude de la mise en action.

Conditions essentielles de l'établissement des freins.

Considéré dans son ensemble, voie et matériel, le chemin de fer constitue, comme on l'a dit souvent, une vaste machine. Pour cette machine, comme pour toutes celles qui concourent, dans quelque branche que ce soit, à la production industrielle, la loi la plus générale du progrès, — celle d'où dérivent toutes les autres, — peut se formuler ainsi: substitution de plus en plus complète du travail produit mécaniquement,

(1) De Busalla à Pontedecimo, c'est-à-dire sur un développement de 10 kilomètres, la hauteur rachetée est de 290 mètres, soit, inclinaison moyenne, 0m,029; elle atteint 0m,035. (Voir le rapport sur l'exploitation de cette section, adressé à M. le Ministre le 2 janvier 1857.)

au travail des hommes et des animaux. Dans le cas dont il s'agit, la sécurité y trouve son compte, non moins que l'économie.

Le frein idéal est, sans contredit, celui qui remplirait cette triple condition : 1° être à la disposition *immédiate* du mécanicien ; 2° agir sur toutes les roues du train avec tous les degrés d'intensité, et au besoin jusqu'au calage ; 3° réserver la faculté de recul. Ce programme a servi de texte à bien des recherches, mais personne jusqu'ici n'a réussi à le remplir d'une manière vraiment pratique.

Tous les systèmes proposés dans ces dernières années, pour agir sur toutes les roues, sont fondés sur l'établissement d'une transmission de mouvement générale, réglant l'application du travail qui produit le serrage. Que ce travail soit emprunté à la force vive des parties animées d'un mouvement de rotation, — ou à la vapeur de la chaudière, — ou à la gravité ; — que la transmission soit formée d'un courant voltaïque, — de conduites de vapeur, — d'une corde passant sur des moufles, — de leviers et tringles articulés, etc., etc., sous quelque forme qu'elle se présente, en un mot, l'application de ce principe a toujours, à des degrés divers, d'ailleurs, un double inconvénient : elle complique la formation et la décomposition des trains, et elle exige un attirail sujet à se déranger et à se rompre. Que la transmission, quelle que soit sa nature, vienne à se trouver en défaut vers la tête, et tous les moyens d'arrêt sont paralysés. Il nous paraît impossible d'accorder quelque confiance à un principe qui peut conduire à une pareille conséquence.

Le système le meilleur, le plus sûr, n'est pas celui qui réalise, dans quelques essais, l'arrêt le plus prompt ; c'est celui qui réunit, à une puissance d'ac-

tion suffisante, les garanties les plus complètes contre les chances de dérangement, ou plutôt contre les conséquences d'un tel fait, qu'il faut toujours prévoir.

C'est à ce titre que l'appareil de M. Guérin nous paraît bien supérieur à d'autres, auxquels on pourrait être tenté d'accorder la préférence, sur la foi de quelques expériences dont il serait imprudent de s'exagérer la portée. Comme tout mécanisme, si simple qu'il soit, le frein de M. Guérin n'est pas à l'abri de toute chance de dérangement; mais là, du moins, tout se borne à annuler l'effet d'un des freins; les autres n'en fonctionnent pas moins, et même ceux qui précèdent le *frein paralysé* n'en fonctionnent que mieux. Cette indépendance des éléments constitue une garantie précieuse, et paraît même devoir être une condition de l'établissement d'un bon système de freins.

Graves objections contre les freins dits : *de détresse*.

Il en est une autre non moins importante, et que la plupart des conceptions dont nous venons de rappeler le principe, ne remplissent nullement. Les freins dans lesquels le travail de serrage est produit par le déclanchement d'un poids (le frein bavarois, par exemple, celui de M. Cochot, etc.), sont des appareils à effet *invariable*; *ils donnent tout*, ou rien. Ce sont donc des freins de *détresse*, tout à fait impropres aux conditions du service courant, et qui, dès lors, viennent se superposer au frein ordinaire, toujours indispensable. On sait combien est suspect, et à bon droit, tout appareil de sûreté introduit uniquement en vue d'éventualités heureusement fort rares. Le personnel inférieur, auquel il est confié, s'habitue bientôt à ne voir en lui qu'une pure superfétation; l'entretien s'en ressent, et, en dépit de toute surveillance, il y a dix chances contre une pour que, en cas de besoin, l'effet soit complétement manqué. Il faut, non raisonner sur des êtres

de convention, mais prendre les hommes tels qu'ils sont; on n'empêchera pas les appareils qui n'ont pas une fonction régulière, permanente, d'être par cela même bientôt discrédités dans l'esprit des agents qui sont cependant les plus intéressés, personnellement, à assurer leur jeu régulier.

Nous avons donc la ferme conviction que le *frein de détresse* spécial est une conception malheureuse. Il faut que le même appareil fonctionne à la fois comme frein *de détresse* et comme frein *de service*, dût-il avoir une puissance plus restreinte. Ce qu'il perd en *puissance-limite*, en perfection théorique, il le gagne, et au delà, en sûreté d'action, en efficacité réelle, pratique. Avec un frein spécial, ce n'est pas tout qu'il soit en bon état; il faut encore qu'en présence du danger le personnel songe à s'en servir. Avec le frein Guérin, il n'y a ni hésitation ni erreur possibles; le mécanicien fait nécessairement, instinctivement, ce qu'il convient de faire, c'est-à-dire exactement ce qu'il fait avec les freins ordinaires, moins, en cas de danger de collision, la préoccupation de *siffler aux freins.*

Ajoutons que les freins de *détresse* échappent difficilement à un grand inconvénient : celui de ne pas *revenir* d'eux-mêmes après l'arrêt, et d'exiger dès lors qu'on prolonge un stationnement souvent dangereux, pour les remettre en place, à la main.

Nous n'avons pas, au surplus, à nous livrer, dans ce rapport, à l'examen approfondi des divers systèmes de freins. Il suffisait de justifier, et nous croyons l'avoir fait, la préférence que nous n'hésitons pas à attribuer au frein de M. Guérin, sur tous ceux que nous avons eu l'occasion d'examiner jusqu'à ce jour. Sans doute, ce frein ne constitue pas encore la solution complète du problème; il laisse quelque chose à dési-

rer, mais il présente, malgré sa puissance limitée, *un ensemble de qualités moyennes* qui lui donne, en somme, une valeur pratique que nul autre ne possède au même degré.

Il n'est peut-être pas inutile de préciser les conditions, très-simples du reste, de son application. *Remarques sur l'application de ce frein.*

1° Son efficacité, sa puissance, reposent avant tout sur l'énergie des moyens par lesquels le mécanicien agit sur la tête du train. Il est donc de la plus haute importance que le tender soit muni d'un bon frein, parfaitement entretenu, et *à action prompte;* les freins à vis sont lents : peut-être conviendrait-il de revenir aux freins à levier. L'application, soit à la machine seulement, soit à la machine et au tender d'un frein mû par la vapeur, mériterait aussi d'être étudiée. L'Allemagne offre à cet égard des exemples dignes tout au moins d'un examen sérieux.

2° En augmentant la puissance des moyens d'arrêt en tête, on augmenterait la proportion des wagons qui peuvent être utilement pourvus de freins.

Au reste, même dans l'état actuel des choses, avec la faible puissance de ralentissement que donnent des freins de tenders trop lents et parfois médiocrement entretenus, il y aurait tout avantage à dépasser, pour le nombre des automoteurs, la proportion du tiers ou du quart. La même pression totale, se répartissant sur un plus grand nombre de sabots, produirait l'arrêt sans caler les roues. Si le calage est si souvent appliqué, malgré ses inconvénients, c'est que le nombre des freins est nécessairement limité quand chacun d'eux exige un garde spécial. Mais dès que leur manœuvre est gratuite et qu'il s'agit seulement de la faible dé- **Avantages que présenterait l'application des freins automoteurs à une fraction considérable de l'effectif.**

pense d'établissement (1), celle-ci sera, à coup sûr, largement couverte par l'économie réalisée sur l'entretien des roues.

D'un autre côté, en multipliant les freins automoteurs, en les appliquant, par exemple, à la moitié de l'effectif des voitures, on pourrait composer les trains, sur les chemins à profil médiocrement accidenté, sans se préoccuper des freins qui, presque toujours du moins, se trouveraient naturellement assez nombreux dans la région antérieure et dans la région moyenne du convoi.

La multiplicité des freins a d'ailleurs l'avantage déjà signalé plus haut, d'assurer aux moyens d'arrêt une puissance suffisante en tout état de cause, les appareils qui fonctionneraient mal étant, par une sorte de compensation propre au système, suppléés par les autres. Enfin, des automoteurs sont nécessaires aussi vers la queue du train, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, sur les chemins qui présentent des rampes longues ou roides.

Dispensés de la manœuvre des freins, les conducteurs ne deviennent pas pour cela inutiles; ils sont seulement restitués à leurs autres fonctions, pour lesquelles l'effectif ordinaire suffit, tandis qu'il est parfois trop restreint, au point de vue du service des freins. M. Guérin a présenté son système, non comme un moyen de réduire le personnel, mais comme un gage de sécurité; c'est ainsi que la compagnie d'Orléans l'a envisagé; c'est ainsi, en effet, qu'il doit l'être.

---

(1) Voir le sous-détail, p. 148.

Considérant : Conclusions.

1° Que le système de M. Guérin met, ainsi que cela doit être, les moyens d'arrêt à la disposition du mécanicien ;

2° Qu'il est simple en lui-même, ne modifie nullement le mode d'attelage des wagons, et laisse les freins indépendants les uns des autres, au lieu d'établir entre eux une solidarité qui les exposerait à manquer tous à la fois ;

3° Qu'il se prête parfaitement à l'application d'une force retardatrice dont l'intensité varie à volonté ;

4° Que s'il n'atteint pas la même limite de puissance théorique, que d'autres fondés sur des principes différents, il leur est bien supérieur par sa simplicité, par la certitude de son action ; en un mot, par l'ensemble des qualités pratiques ;

Les membres soussignés ont l'honneur de proposer à son excellence M. le Ministre :

1° D'appeler l'attention de MM. les administrateurs de chemins de fer, sur les garanties de sécurité que présente le frein de M. Guérin, et sur les motifs très-sérieux qui recommandent l'application de ce système, ou de tout autre présentant des avantages équivalents.

2° D'ordonner la publication du présent rapport, et des dessins de l'appareil. dans les *Annales des ponts et chaussées* et dans les *Annales des mines*.

Signé : PIOBERT,
CH. COMBES,
CH. COUCHE, *rapporteur.*

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1 à 4, Pl. I. *Élévation, plan et coupes d'un wagon à bagages, d'Orléans, muni du frein automoteur.*

1° Serrage du frein.

τ, τ, tampons qui commandent le frein par l'intermédiaire du ressort de choc et de traction T, T.

a, *a*, double levier, calé sur l'arbre ω du frein et sur lequel presse le ressort T dans son mouvement de recul.

r, *r*, ressort dit *de rappel* servant : 1° à empêcher la mise en jeu des freins sous l'action des inégalités accidentelles des vitesses ; 2° à rappeler les sabots et les tampons quand ceux-ci cessent d'être en pression.

λ, tirant, articulé en ν, fixé d'une part au levier *a*, de l'autre au ressort *t*, et par l'intermédiaire duquel s'opère la double fonction, indiquée ci-dessus, de ce ressort.

h, *h*, barre d'attelage.

Cette barre transmet, comme à l'ordinaire, l'effort de traction, soit au wagon lui-même et à tous ceux qui le suivent, soit seulement à ceux-ci, suivant que les tampons *de commande* sont placés en avant ou en arrière.

C'est, de plus, par l'intermédiaire de cette barre que se reportent, sur le châssis, les efforts de compression que subissent les tampons, quand le wagon est immobile, ou animé d'une vitesse inférieure à celle qui produit le déclanchement, — les deux épaulements latéraux ε, ε du crochet d'attelage s'appuyant alors sur les buttoirs *f*, *f*.

2° Appareil de déclanchement du buttoir.

m, *m*, manchon en fonte pourvu de deux appendices μ, μ, qui tendent, sous l'action de la force centrifuge, à se placer dans un plan normal à l'axe de l'essieu.

ρ, ρ, ressorts de rappel du manchon.

l, *l*, bielle oscillante, que le centre-poids π maintient constamment appliquée contre le manchon dans toutes les positions que prend celui-ci, et dont l'inclinaison sur la verticale varie en conséquence.

t, tringle, qui butte contre l'appendice *i* de la pièce à fourchette *f*, *f*, et dont la longueur est telle que celle-ci se soulève et cesse d'être en prise avec l'épaulement du crochet d'attelage dès que le manchon *mm* offre à la bielle *l* son profil de moindre section.

Frein proprement dit.

C'est le frein ordinaire, à sabots indépendants du châssis.

La compensation des usures y est réalisée par un mécanisme un peu compliqué, sujet à fouetter et à se gauchir. La manivelle *b* agit par le moyen de la bielle *be*, sur un levier à deux coudes *ede*, articulé respectivement en *b* et en *e* sur les tiges qui pressent les sabots.

MHKPX, mécanisme ordinaire permettant de manœuvrer le frein à la main.

Quand il fonctionne automatiquement, la coulisse Y glisse librement sur le bouton P, alors immobile.

Fig. 5. *Frein du chemin de fer de l'Ouest.*

Ce frein, beaucoup plus simple, satisfait également à la condition de compenser les usures. A cet effet, l'arbre ω′ est suspendu par des bielles pendantes, articulés en *o*.

On renonce ainsi à l'indépendance du frein et du châssis. L'arbre du frein et les sabots sont suspendus aux longerons.

ANNEXES.

***Composition du train* n° 1 *du* 29 *juillet* 1856. (Paris à Orléans.)**

NATURE DES VÉHICULES.	Numéros.	POIDS à vide.	Contenance des voitures.	Chargement.	OBSERVATIONS.
		kilogr.	places.	kilogr.	
Machine.	129	22.374	»	1.150	1/2 du chargement complet
Tender.	129	7.230	»	3.700	
Wagon à bagages à frein automoteur.	1512	6.300	»	1.800	Chargement réel en bagages.
Id.	1502	6.300	»	1.200	
Id.	1500	6.300	»	1.500	
Voiture de 1re classe. . .	112	5.280	24	720	1/2 du chargement complet.
Voiture de 2e classe. . . .	539	4.790	30	900	
Id.	523	4.790	30	900	
Id.	661	4.770	30	900	
Id.	660	4.770	30	900	
Voiture de 3e classe. . . .	954	4.540	40	1.200	
Id.	1057	4.625	40	1.200	
Id.	1014	4.020	40	1.200	
Id.	1121	4.625	40	1.200	
Id.	1122	4.625	40	1.200	
Id à frein.	1384	5.400	40	1.200	
Wagon à marchandises.	3159	4.655	»	»	Paniers vides.
Wagon à lait.	6033	4.600	»	»	Boîtes à lait vides.
		100.974		20.870	

Poids total du train = 130.844 kilogrammes.

***Composition du train* n° 4 *du* 29 *juillet* 1856. (Orléans à Paris.)**

NATURE DES VÉHICULES.	Numéros.	POIDS à vide.	Contenance des voitures.	Chargement.	OBSERVATIONS.
		kilogr.	places.	kilogr	
Machine.	146	21.950	»	1.150	1/2 du chargement complet.
Tender.	146	7.502	»	3.700	
Wagon à bagages à frein automoteur.	1502	6.300	»	1.200	
Id.	1500	6.300	»	1.500	
Wag. à bagages ordinaire	1548	6.300	»	»	Vide.
Id.	1506	6.300	»	»	
Id.	1608	6.000	»	2.000	
Voiture de 3e classe. . .	1100	4.635	40	1.200	1/2 de chargement complet.
Id.	1083	4.625	40	1.200	
Id.	964	4.540	40	1.200	
Voiture de 2e classe. . .	650	4.770	30	900	
Id.	661	4.770	30	900	
Voiture de 1re classe. . .	67	3.700	24	720	
Voiture de 3e cl. à frein.	1353	5.270	40	1.200	
		92.952		16.870	

Poids total du train = 109.822 kilogrammes.

Sous-détail de l'établissement d'un frein automoteur.

Frein proprement dit.
(Conforme au modèle de l'Ouest, *fig.* 5.)

	kilogr.
1 arbre	55,00
2 supports	17,00
4 bielles complètes	65,00
4 porte-sabots	16,30
2 entretoises de porte sabots	10,50
8 bielles de suspension des sabots	11,00
8 goujons d'entretoises	4,00
Poids du frein	178,80

	fr.
Prix du kilogramme	2,00
Prix du frein	357,60

Pièces spéciales de l'automoteur.

	kilogr.
1 manchon	25,00
1 pendule et transmission	18,25
1 pièce fourchue montée	11,25
1 bride de ressort de rappel	1,65
1 douille d'arrêt de clavette	0,25
1 crochet de traction (poids en plus)	11,25
2 mains de ressort de rappel	3,00
2 tringles de ressort de rappel	5,20
Poids total	75,85

	fr.
Prix du kilogramme	2,00
Prix de l'automoteur	151,70
Ressort de 15 kil. à 1f,30	19,50
Prix total	171,20

Dépense spéciale de l'appareil automoteur.

APPAREIL COMPLET.

Prix	528f,80
Poids	254k,65

MÉMOIRE

SUR LE NOUVEAU MODE D'EXTRACTION ET DE TRIAGE DE LA HOUILLE APPLIQUÉ AUX MINES DU GRAND-HORNU (BELGIQUE).

Par M. Gabriel GLÉPIN, ingénieur civil des mines.

L'impression du mémoire de M. Glépin et la gravure des planches étaient fort avancées lorsque la Commission des *Annales des mines* a appris que ce travail avait déjà été publié.

La Commission se trouvait ainsi faire une reproduction, contrairement au principe auquel elle déroge fort rarement, et seulement quand une exception est justifiée par des motifs particuliers qui n'existaient pas dans le cas actuel. Aussi, la commission n'aurait-elle pas hésité à supprimer le travail de M. Glépin, si cette mesure avait pu être prise sans retarder la distribution de la livraison.

La Commission doit évidemment supposer que les mémoires qui lui sont soumis sont *complétement inédits*, à moins que le contraire ne soit formellement exprimé. C'est seulement un an après la publication que les auteurs reprennent la libre disposition des travaux admis dans les *Annales*; si une réduction de ce délai est inadmissible, il en est de même, à bien plus forte raison, d'une publication simultanée et surtout anticipée, comme celle dont il s'agit.

(*Par ordre de la Commission*),

C.

Dans un mémoire publié à Mons, en 1844, par MM. Boty, Guibal et moi, sur un voyage en Angleterre entrepris, l'année précédente, au nom et aux frais de la Société de commerce de Bruxelles et de la Société des mines du Grand-Hornu, nous avons fait connaître les engins mis en usage pour l'extraction de la houille dans les mines les plus importantes des environs de Newcastle et de Sunderland. Considérations générales.

Ces engins, qui portent le nom de cages d'extraction, reçoivent les wagons mêmes qui servent au transport intérieur, et permettent ainsi d'obtenir la houille, à la surface, sans subir de transvasement au bas des puits d'extraction, comme cela a encore lieu dans la plupart des houillères du couchant de Mons où l'on fait usage de tonneaux de grande hauteur appelés *cuffats*.

Par l'emploi de ces cages, le déchet sur la grosse houille, surtout lorsqu'elle est friable, se trouve notablement diminué, tant parce qu'elle arrive au jour sans être remuée, que parce qu'elle tombe d'une hauteur moindre, lorsqu'on vide les vases qui la renferment.

Cet avantage, si important pour les houilles Flénu, qui présentent des prix de vente si différents, suivant qu'elles sont en gros ou en menus fragments, attira vivement l'attention de M. Émile Rainbeaux, l'un des propriétaires et administrateur des mines du Grand-Hornu, qui me chargea, à la suite de la publication que je viens de rappeler, de faire construire dans les ateliers de cette société un petit modèle de cages d'extraction et de wagons ou chariots, approprié aux exigences locales.

Ce modèle, qui existe encore aujourd'hui dans les magasins dépendant des ateliers du Grand-Hornu, fut destiné au puits n° 12 qu'on se proposait de ne mettre en extraction que lorsqu'il aurait atteint la profondeur de 355 mètres.

Le nouveau mode d'extraction et de triage, bien qu'il ait une certaine analogie avec ce qui existe dans les bassins houillers les plus importants de l'Angleterre, en diffère néanmoins complétement, tant par la grandeur des proportions adoptées, que par la nature et la disposition des engins spéciaux qu'il fallait établir, en vue d'atteindre une production de houille

considérable, par un puits étroit, sinueux et profond. M. Rainbeaux résolut d'en faire l'essai, sur une échelle moitié moindre, à un autre puits, le n° 8, en extraction déjà depuis longtemps, tout en conservant la machine motrice, telle qu'elle existait, ainsi que les bâtiments de la surface.

La tâche que j'avais à remplir présentait de sérieuses difficultés; car avec une faible force motrice disponible qu'il n'était pas possible d'augmenter, j'avais à opérer sur un puits très-étroit et très-sinueux, puisque sur une partie de l'épaisseur des morts-terrains qui recouvrent le terrain houiller, c'est-à-dire sur une hauteur de 50 mètres, celui-ci est revêtu d'un cuvelage quarré en bois de $1^m,764$ de côté seulement, et a, de plus, son axe dévié de la verticale, de $0^m,65$, depuis l'embouchure jusqu'à la base, située à la profondeur de 355 mètres; déviation causée par le glissement des assises du terrain, à la suite des exploitations faites, à différents niveaux, dans le voisinage du puits.

Il est à remarquer, en outre, que l'axe dévié ne l'est pas uniformément sur toute la profondeur du puits; mais qu'il est brisé en plusieurs points, et quelquefois d'une manière assez brusque.

Dans de pareilles conditions, il y avait nécessité absolue à faire usage de moyens tels qu'on pût, sans inconvénient, porter l'extraction journalière, d'une profondeur de 355 mètres, au chiffre de 3 à 4.000 hectolitres de houille, en faisant servir, en même temps, les engins d'extraction à la sortie des ouvriers de la mine.

Toutes ces difficultés nous paraissent avoir été entièrement surmontées et on est parvenu à satisfaire complétement à toutes les exigences du service.

Le but de ce mémoire est de faire connaître les moyens

employés pour établir les appareils d'extraction et de triage de la houille qui fonctionnent actuellement aux puits n°s 8 et 12 du Grand-Hornu, et de faire ressortir en même temps les avantages obtenus par leur substitution aux anciens engins.

INSTALLATION DU PUITS N° 8.

Puits n° 8. État de ses parois. Diamètre.

Le puits n° 8 est foncé jusqu'à la profondeur de 355 mètres, point où se trouvent situés les chantiers d'exploitation qui sont desservis par les engins dont il vient d'être fait mention.

A partir de la surface, il descend verticalement sur une profondeur de 14^m,60 jusqu'à la tête du cuvelage, c'est-à-dire jusqu'à la naissance du terrain crétacé aquifère qui recouvre le terrain houiller. Ses parois, dans cette première partie, sont revêtues d'une maçonnerie cylindrique en briques, dont le diamètre intérieur est de 2^m,70.

Dans la seconde partie, sur 50 mètres de profondeur, existe le cuvelage dont nous avons déjà parlé, et qui forme un prisme quarré de 1^m,764 de côté, constituant ce qu'on appelle le *niveau*.

Des quatre pans de ce cuvelage, deux opposés sont restés sensiblement dans les mêmes plans verticaux, le mouvement des pièces de bois qui les composent, produit par les exploitations souterraines, ayant eu lieu dans ces plans mêmes. Mais les deux autres, correspondant à la direction des assises du terrain houiller, bien qu'ayant conservé leur parallélisme, sont cependant en surplomb l'un sur l'autre de 0^m,25, l'axe du niveau se projetant horizontalement sur une longueur de 0^m,35, suivant l'une des diagonales de la base.

Depuis le bas du niveau, c'est-à-dire la tête du terrain houiller, jusqu'au fond du puits, les parois de

celui-ci sont formées tantôt par la roche vive, tantôt par une maçonnerie en briques. La forme de celle-ci, cylindrique à l'origine, s'est considérablement modifiée depuis, sous l'influence des poussées latérales du terrain, et la section du puits, en ces points, se trouve rétrécie, de telle sorte que son diamètre, qui était dans le principe de 2m,70, n'est plus aujourd'hui que de 2m,30, 2m,20 et même 2m,15 par places.

Enfin, les 50 à 60 mètres de la partie inférieure sont muraillés cylindriquement sur un diamètre intérieur de 2m,70.

Cages d'extraction.

L'étroitesse du puits n° 8 et la longueur des wagons ou chariots qui servent au transport intérieur, et dont la capacité ne peut guère dépasser 4 hectolitres (pour que la traction soit facile sur le sol de galeries basses et inclinées à l'horizon de 9, 10 et même 12 degrés, telles qu'elles résultent du mode d'exploitation usité dans les mines du Couchant de Mons), ne permettaient pas de construire des cages à deux étages, pouvant contenir quatre wagons, et semblables à celles de la mine du Grand-Hetton, près de Sunderland. Il n'y avait donc possibilité d'employer que des cages d'une longueur moitié moindre, soit à deux, soit à quatre étages, renfermant dans le premier cas deux, et dans le second quatre wagons.

Les cages à deux étages eussent été plus simples, plus faciles à manœuvrer et à guider, eu égard à leur faible hauteur, qui se prêterait moins à la sinuosité de l'axe du puits ou des lignes de guides parallèles qu'il s'agissait d'y établir. Mais la grande profondeur de ce dernier, et l'impossibilité où nous nous trouvions d'imprimer à la machine motrice et, par suite, aux bobines, une vitesse dépassant une certaine limite (même en diminuant le rapport des diamètres des roues d'engre-

nage qui était : : 2 1/2 : 1), m'obligèrent à donner la préférence aux cages à quatre étages qui, seules, rendaient possible une extraction journalière de 3 à 4.000 hectolitres de houille; à une profondeur de 355 mètres.

Celles que nous avons adoptées satisfont complétement à toutes les exigences du service; et leur manœuvre, par suite de la disposition des appareils accessoires; est aussi simple et aussi rapide que pouvait l'être celle de cages moitié moins hautes, bien que nous ayons dû, pour faciliter le *relevage* (soulèvement de la cage) au fond du puits, modifier le rapport des diamètres des roues d'engrenage, en le faisant : : 3 : 1.

Ces cages sont représentées, élévation et coupe, *fig.* 1 et 2, Pl. V.

Elles se composent de cinq châssis en fer laminé, de $0^m,01$ d'épaisseur sur $0^m,07$ de hauteur, assemblés par boulons et écrous, et de six montants en fer laminé, de $4^m,30$ de hauteur, $0^m,08$ de largeur et $0^m,008$ d'épaisseur.

Quatre de ces montants, formant les angles des cages, sont des fers à T qui leur donnent une grande rigidité et une grande légèreté, par suite du petit nombre de pièces qu'ils ont permis de mettre en œuvre pour les composer. Les quatre châssis inférieurs portent deux rails à équerre dans le sens de leur longueur, sur lesquels on place les chariots qui doivent être élevés à la surface ou descendus au fond de la mine. Ces rails sont supportés, au milieu de leur longueur, par une barre transversale de fer à T, fixée aux faces internes des châssis au moyen de boulons et d'écrous. Les châssis ont $1^m,23$ de longueur, $0^m,80$ de largeur sur $0^m,05$ de hauteur, et divisent les cages en quatre compartiments de $1^m,05$ de hauteur.

A l'origine, les faces latérales des cages étaient garnies de tôle de $0^m,001$ d'épaisseur, pour isoler du puits, autant que possible, les ouvriers qu'elles renfermaient; mais comme ces feuilles de tôle mince s'oxydaient et se trouaient très-rapidement, on a renoncé à leur emploi, et l'on y a substitué des planches en orme de $0^m,20$ de largeur et de $0^m,019$ d'épaisseur, fixées dans le sens de leur longueur, au moyen de petits boulons à écrous, aux montants verticaux, de manière à mettre les ouvriers, qui sont assis dans les chariots, à l'abri des pierres qui pourraient se détacher des parois du puits, en venant frapper les cages par ricochet. Cette substitution a même allégé les cages de 68 kil.; en réduisant leur poids à 625 kil. Les cages sont, en outre, recouvertes d'un chapeau en tôle bombé de $0^m,0035$ d'épaisseur, soutenu par des arceaux en fer fixés aux montants verticaux de leurs faces latérales.

Chaque compartiment est muni, par devant et par derrière, d'une *cliche* à charnière A, A... fixée à l'un des montants d'angles, de manière à servir d'arrêt, lorsqu'elle est abaissée, au wagon qu'il renferme, en l'empêchant de sortir de la cage et de s'accrocher aux têtes de guides, interrompus, comme nous le montrerons plus loin, en face des recettes du fond et du jour.

Cette cliche, quelles que soient sa forme et sa position, est indispensable pour maintenir les wagons en place, en les empêchant de tomber au fond du puits, quand les guides ne sont pas situés, comme au puits n° 8 du Grand-Hornu, dans le sens longitudinal des cages où ils forment eux-mêmes obstacle à la sortie des wagons.

Dans quelques charbonnages du Couchant de Mons où l'on a adopté des guides latéraux disposés comme en Angleterre, dans les mines que nous avons visitées,

on a eu plusieurs fois à déplorer la perte d'ouvriers tombés au fond des puits, avec les chariots dans lesquels ils se trouvaient placés. On conçoit, en effet, que pour qu'une telle catastrophe soit possible, il suffit que les ouvriers, qui font le service des recettes, oublient de fermer ces verrous au départ de la cage; car alors, par suite du mouvement que prennent les chariots sur les rails, mouvement d'autant plus prononcé que le puits est plus incliné, aucun obstacle ne s'oppose plus à la sortie des wagons de la cage. Mais rien de pareil ne peut se produire au puits n° 8, par suite de la disposition des guides, puisqu'ils emprisonnent eux-mêmes les chariots dans la cage, absolument comme si elle ne possédait pas de cliches ou de verrous.

Ces guides, au nombre de deux pour chaque cage, se trouvent saisis par trois galets ou mains de fer B, B, B, fixées contre les faces antérieure et postérieure de trois châssis, au moyen de boulons et d'écrous. Ces galets laissent entre eux et les faces des guides un jeu de $0^m,014$ à $0^m,015$ qui permet à la cage de suivre facilement, sans chocs ni frottements nuisibles, toutes les sinuosités. Cette disposition des guides, par rapport aux orifices d'entrée et de sortie des cages, n'était encore adoptée dans aucun des charbonnages du Couchant de Mons, quand on en a fait l'application au puits n° 8 du Grand-Hornu, et l'on voit, par ce qui précède, de combien elle est préférable à la disposition importée d'Angleterre.

Au puits n° 8, les deux châssis inférieurs des cages portent quatre mentonnets en fonte, qui servent à les asseoir sur des taquets établis à l'embouchure du puits, lorsqu'on veut extraire les wagons que renferment ces cages, et en introduire d'autres à la place, comme on le verra plus loin.

Ces mentonnets, remplacés plus tard par de simples bourrelets ou renflements pratiqués dans les côtés antérieurs et postérieurs des châssis, ont l'inconvénient de tendre à faire déverser ceux-ci, par suite de chocs trop brusques résultant de l'inattention du machiniste quand il opère la descente de la cage sur les taquets de réception. J'ai aussi, comme on le verra pour le puits n° 12, fait faire les châssis des cages d'une seule pièce et en bon fer battu; car ce sont les parties qui reçoivent le plus de fatigue sous l'influence des chocs dont il vient d'être question.

Les montants verticaux qui forment les angles de la cage portent à leur extrémité supérieure quatre fortes oreilles, qui y sont solidement fixées au moyen de boulons et d'écrous en fer de Suède de première qualité. C'est à ces oreilles que sont adaptées les quatre chaînettes qui servent à suspendre la cage au câble d'extraction. Les *fig.* 1 et 2, Pl. V, représentent le système d'accrochement employé. On voit que les deux anneaux qui réunissent deux à deux les quatre chaînettes sont eux-mêmes logés dans l'intérieur d'un troisième, suspendu à un étrier dont la jonction avec l'œillet de l'anneau que porte la patte ou lâche qui termine le câble a lieu au moyen d'un fort boulon à clavette.

Toutes ces pièces sont en fer de Suède de première qualité et ont des dimensions qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de la sécurité.

Le poids de la cage est de 625 kil.; celui des quatre chariots vides qu'on y place, d'environ 500 kil., et celui des 16 à 17 hectolitres de houille, élevés au jour dans ces quatre chariots, d'environ 1.400 kil., un peu plus ou un peu moins, suivant la densité de la houille.

Les cages dont nous venons de donner la description

sont, ainsi qu'on le voit, très-légères. Malgré cette grande légèreté, on n'y remarque jamais la moindre vacillation, quelles que soient la charge qu'elles supportent, et la vitesse. On doit certainement en attribuer la cause aux fers à T, très-rigides, dont leurs angles sont formés.

Une cage complète avec ses quatre chaînettes coûte, à Hornu, 365f,88 répartis comme suit :

	fr.
4 barres de fer à T de 4m,30 de long pesant 120 kil. à 0f,44 l'un.	52,80
8 rails à équerre pesant 120 kil., à 0f,34 l'un.	40,80
Boulons, tôle pour couverture, châssis avec traverses pour supporter les rails, pesant ensemble 322 kil., à 0f,265 l'un.	85,33
8 mentonnets en fonte pesant ensemble 8 kil., à 0f,22.	1,76
10m,60 de planches en orme pesant 25 kil.	6,48
Façon des charpentiers pour l'appropriation de ces planches.	5,29
Main-d'œuvre pour le montage de la cage.	91,20
Frais généraux.	46,22
4 chaînettes en fer de Suède pesant 30 kil., à 1f,20 l'un.	36,00
Total.	365,88

Wagons ou chariots élevés par les cages.

La houille est amenée du fond du puits à la surface dans les petits wagons ou chariots dans lesquels elle est chargée aux tailles ou chantiers d'abatage, dont la contenance varie de 3 3/4 à 4 et même à 4 1/4 hectolitres, suivant qu'ils sont ras ou comblés.

Il y en a de deux sortes : les uns sont en tôle, et les autres en bois.

Les premiers ont intérieurement 1m,12 de longueur, 0m,61 de largeur à la partie supérieure, 0m,45 au fond, et 0m,57 de hauteur.

Les joues latérales et les faces antérieure et posté-

rieure des caisses sont en tôle de $0^m,002$ d'épaisseur, et le fond en tôle de $0^m,0025$. Ce fond est garni extérieurement, au-dessus des essieux, de frettes en fer de $0^m,08$ de largeur et $0^m,0045$ d'épaisseur, dont les extrémités sont repliées contre les faces latérales de la caisse sur une hauteur de $0^m,10$. Elles sont fixées à la caisse par des rivets, et les angles de la caisse sont formés intérieurement de cornières en fer contre lesquelles sont rivées les feuilles de tôle qui constituent les parois. Le bord supérieur de la caisse est garni d'une bande de fer d'une seule pièce, dont la section est un rectangle de $0^m,04$ de hauteur sur $0^m,01$ d'épaisseur, qui y est fixée au moyen de rivets écartés de $0^m,12$ à $0^m,18$.

La paroi antérieure de la caisse présente une échancrure destinée à faciliter le chargement à bras de la grosse houille.

Les essieux sont fixes et réunis à la caisse par deux brides en fer de $0^m,04$ de largeur et $0^m,012$ d'épaisseur, qui les embrassent exactement, et dont les pattes sont boulonnées avec le fond, les écrous étant serrés à l'intérieur sur une petite rondelle de fer, qui empêche ainsi le déchirement de la tôle.

La hauteur de l'emboîtement formé par ces brides est de $0^m,047$ à $0^m,049$, tandis que l'épaisseur des essieux, dans la partie quarrée qu'elles embrassent, n'est que de $0^m,042$. Il reste donc, entre l'essieu appliqué contre le fond du wagon et la bride, un jeu de $0^m,005$ à $0^m,007$. Ce jeu est indispensable pour éviter le déraillement du chariot dans les courbes, sur les galeries descendantes, lorsque, par suite du gonflement du mur de ces galeries, les voies ferrées sont plus ou moins soulevées, soit d'un côté, soit de l'autre; car alors les essieux, pouvant s'élever ou s'abaisser dans

l'intérieur des brides, permettent au chariot de porter toujours sur ses quatre roues, là où les deux lignes de rails ne sont plus dans le même plan.

Les essieux sont munis, au milieu de leur longueur, d'un petit mentonnet quarré T, de $0^m,03$ de côté, qui les rend solidaires avec le fond de la caisse, de manière à éviter tout mouvement transversal de l'un par rapport à l'autre. Les roues, mobiles sur les fusées, sont à moyeux *patents*, ainsi que le représentent les *fig.* 5 et 6, Pl. V, et ont $0^m,22$ de diamètre, non compris la hauteur du rebord, qui est de $0^m,015$. Un trou, taraudé dans le moyeu et fermé par une petite vis à tête quarrée V, sert à opérer le graissage, qui a toujours lieu à la surface pour éviter les pertes d'huile. Ces roues sont à jours circulaires dans lesquels le *sclauneur* ou rouleur engage, en les faisant pénétrer jusque sous le fond de la caisse, de courts bâtons pour enrayer le chariot, soit partiellement, soit complétement, à la descente des galeries inclinées.

Les bandes en bois G, G (*fig.* 3 et 4, Pl. V), de $0^m,025$ à $0^m,03$ d'épaisseur, rivées contre les parois antérieure et postérieure de la caisse, permettent au sclauneur de retenir plus facilement le chariot dans les descentes, en y appuyant le dos et les mains, et servent, en outre, à empêcher le grippement des guides des cages, par les timons X, X fixés sous le fond de la caisse, et dont elles débordent l'extrémité.

Enfin l'un des timons, celui de la face antérieure du chariot, porte une chaîne à crochet de $0^m,50$ de longueur, qui sert à le lier à d'autres chariots pour former des convois sur les plans automoteurs ou sur les galeries parcourues par des chevaux. Quand le sclauneur est attelé au chariot, cette chaîne est accrochée au piton de l'une des faces latérales de la caisse, et ne

peut en gêner la marche, la traction étant opérée sur l'autre timon.

Un chariot complet, tel que nous venons de le décrire, pèse 137 1/2 kil., et coûte, à Hornu, 65f,18 répartis comme suit :

	fr.
1 caisse en tôle de 70 kil, à 0f,55 l'un.	38,50
2 demi-trains pesant 48 kil., à 0f,36 l'un.	17,28
18 kil de ferrures, à 0f,45 l'un.	8,10
Montage de la caisse sur le train.	1,30
Total.	65,18

Les chariots en bois, représentés *fig.* 3 et 4, Pl. V, ne diffèrent des précédents qu'en ce que la caisse est en bois au lieu d'être en tôle. Elle est formée de planches de bois blanc de 0m,025 d'épaisseur pour les parois latérales, et de 0m,03 pour le fond et les autres faces. Elle est armée de frettes en fer, et liée aux essieux de la même manière qu'une caisse en tôle.

Un chariot en bois complet pèse 123 1/2 kil. et coûte 42f,78, savoir :

	fr.
Caisse.	5,70
2 demi-trains.	17,28
44 kil. de ferrures à 0f,45 l'un.	19,80
Total.	42,78

Les chariots en bois sont préférables aux chariots en tôle, non-seulement parce qu'ils coûtent moins cher et sont plus légers, mais parce que leur entretien est moins dispendieux; car l'usure et la déformation des caisses en bois, surtout quand on fait usage de plans automoteurs dans l'intérieur des mines, exigent des réparations moins coûteuses et plus faciles que celles des caisses en tôle. Il arrive même souvent que la déformation de ces dernières est telle qu'il devient impossible de les réparer; cela a lieu, par exemple, lorsque par

suite de rupture des chaînes d'attache, sur des plans inclinés, des chariots sont précipités avec une vitesse considérable vers le bas.

Les caisses en tôle sont alors tellement écrasées et déchirées, qu'elles n'ont plus guère de valeur que comme vieille ferraille. Si, au contraire, ce sont des caisses en bois, il n'y a, pour ainsi dire, de perdu que la valeur du bois, c'est-à-dire celle de quelques planches de peu d'importance, les ferrures pouvant être, le plus souvent, retravaillées de manière à servir à la confection de nouveaux wagons. Le seul avantage que présentent les chariots en tôle pour nos puits étroits, c'est que leur contenance pour la même longueur est d'environ 1/16 plus considérable que celle des chariots en bois; mais on comprend que pour des puits un peu plus grands il est facile de faire disparaître cet inconvénient des chariots en bois, en les faisant un peu plus longs,

Quoi qu'il en soit, je suis tellement convaincu de la supériorité, à tous autres égards, des chariots en bois sur les chariots en tôle, que nous n'hésiterons pas à nous servir exclusivement des premiers, aussitôt que les seconds, que nous avons fait construire pour essai, seront complétement usés.

L'inspection seule des chiffres suivants suffit pour faire ressortir la différence de frais d'entretien de ces deux sortes de chariots placés dans les mêmes conditions.

Du 1er mai 1854 au 1er décembre de la même année, le transport intérieur a été effectué aux puits nos 8 et 12 du Grand-Hornu par 125 chariots en bois et par 167 chariots en tôle.

Or, entre ces deux époques, on a eu à opérer :

546 réparations de chariots en tôle, qui ont coûté

4.901^{f},30, et 137 réparations de chariots en bois, qui ont coûté 1.855^{f},94. Ainsi, les frais d'entretien et de réparations de chaque chariot en tôle ont été de $\frac{4.901^{f},30}{167} = 29^{f},35$, tandis que ceux de chaque chariot en bois, pour le même laps de temps et les mêmes conditions, n'ont été que de $\frac{1.855^{f},94}{123} = 15^{f},09$, c'est-à-dire seulement les 0,51 des premiers.

Guides des cages.

Les deux lignes de guides, entre lesquelles glisse chaque cage, sont situées, comme nous l'avons dit, dans le sens de l'axe longitudinal de celle-ci avec un écartement de 1^{m},26, c'est-à-dire de 0^{m},03 plus considérable que sa longueur, y compris l'épaisseur de ses mains de fer. Ces 0^{m},03 représentent le jeu que doit avoir la cage entre ses guides pour lui permettre d'en suivre facilement toutes les sinuosités.

Chaque ligne de guides est composée de pièces de 5^{m},25 de longueur, en chêne de première qualité, à vives arêtes, et par conséquent sans aubier ni mauvais nœuds, et parfaitement dressées au rabot. Ces pièces sont assemblées par traits de Jupiter, sur une hauteur de 0^{m},25.

Elles sont boulonnées, de 2^{m},50 en 2^{m},50, contre des traverses horizontales en chêne, de 0^{m},10 de hauteur sur 0^{m},12 d'épaisseur, encastrées et scellées fortement au moyen de coins en bois dans les parois du puits. La longueur des parties encastrées varie de 0^{m},12 à 0^{m},30, suivant qu'elles s'appuient contre la roche vive, ou qu'elles sont noyées dans la maçonnerie, dont les parois du puits sont revêtues par places.

La longueur des traverses est loin aussi d'être constante, eu égard à la sinuosité des guides et à la section plus ou moins réduite du puits. Les plus longues

ont 2^m,30, et les plus courtes sont celles dont toute la face postérieure est entièrement noyée dans la maçonnerie des parois du puits, qui a généralement 0^m,36 d'épaisseur. Il a même fallu souvent entailler carrément cette maçonnerie, par places, pour laisser un libre passage aux cages, avec un jeu latéral de 0^m,10 destiné à parer à l'effet de nouvelles poussées du terrain, qui pourront se manifester ultérieurement, quand les exploitations inférieures se rapprocheront du puits d'extraction.

Les traverses horizontales sont également à vives arêtes et sans aubier sur la face antérieure contre laquelle s'appuient les guides, dont la section est un rectangle de 0^m,10 de largeur sur 0^m,15 d'épaisseur.

Ces guides sont même entaillés par derrière de 0^m,015 sur toute la hauteur des traverses, de sorte que celles-ci les supportent en partie, ainsi que le représente la *fig.* 12 de la Pl. V, en évitant ainsi une trop grande fatigue aux boulons de jonction. Ces boulons ont 0^m,28 de longueur sur 0^m,015 de diamètre, et sont filetés sur une longueur de 0^m,045. Leur poids, y compris celui de l'écrou, est de 1/2 kilogramme, et leur prix de 0^f,60 par kilogramme. La tête de ces boulons est noyée entièrement dans l'épaisseur des guides, et y pénètre même de 0^m,005 plus avant que leur face antérieure, pour parer à l'usure, extrêmement faible, que peut produire à la longue sur celle-ci le frottement des galets des cages (1).

Ce mode de jonction des guides et des traverses est, comme on le voit, très-simple, et rend très-facile leur

(1) Les boulons des joints sont même munis d'un second écrou qui empêche le premier de se desserrer par l'effet des poussées du terrain.

remplacement quand ils ont subi de trop grandes détériorations sous l'action des poussées latérales du terrain.

Dans les parties du niveau où les guides sont appliqués directement contre les faces du cuvelage, ils y sont fixés au moyen de vis à bois, à tête ronde, fraisée et percée de deux petits trous pour y loger les branches de la clef de serrage. Ces vis à bois ont de $0^m,23$ à $0^m,30$ de longueur, $0^m,015$ de diamètre, pèsent 1/2 kil., et coûtent $0^f,60$ le kil.

Les dimensions des traverses et des guides, leur fixité et le jeu laissé entre les faces des derniers et les galets des cages sont tels qu'on ne remarque jamais la moindre vibration dans toute l'armature du puits, pendant toute la durée de la marche de l'extraction, quelle que soit la vitesse imprimée à la machine motrice.

La pose des guides et des traverses, sur toute la profondeur du puits, a été opérée par 12 ouvriers travaillant alternativement au nombre de 4, dont 2 charpentiers et 2 mineurs, par postes de 6 heures du durée. Pose des guides et des traverses

L'armature complète du puits a été effectuée en 69 jours de 24 heures, y compris 4 jours employés exclusivement à l'équarrissage de ses parois, sur les points où sa section était trop étroite pour le passage des cages.

Avant de commencer le travail, on a d'abord constaté que l'axe du puits était brisé en cinq points, au moyen de deux fils à plomb suspendus à la tête de celui des pans du cuvelage qui se trouve en surplomb sur le pan opposé, et on a marqué exactement la déviation de l'axe de la verticale, correspondante à ces cinq points. On a reconnu ainsi, en tenant compte de la portion d'axe supérieure au niveau et restée dans la verticale, que les quatre lignes de guides, à établir sur toute la profondeur du puits, devaient se composer de six tronçons d'inclinaisons différentes, qu'il s'agissait de raccorder

entre eux d'une manière insensible, pour que le passage des cages pût avoir lieu sans chocs ni frottements. On a procédé immédiatement à l'armature de ces six parties, désignées sous le nom de *passes*, en commençant le montage des traverses et des guides à partir du fond du puits, et en s'élevant graduellement jusque dans l'intérieur du châssis à molettes.

Dans la première *passe*, celle du fond dont la hauteur est de 68 mètres, les deux lignes de guides de chaque cage, qui conservent naturellement entre elles leur parallélisme, ont une inclinaison latérale, dans le même sens, de 0,0018. Elles sont, en outre, en surplomb l'une sur l'autre et présentent ainsi une inclinaison interne de 0,0022.

Dans la seconde passe, dont la hauteur est de 78 mètres, les deux mêmes lignes de guides ont une inclinaison latérale de 0,0026, et une inclinaison interne de 0,003.

Dans la troisième passe, dont la hauteur est de 93 mètres, l'inclinaison latérale des guides est de 0,0016, et l'inclinaison interne de 0,0014.

Dans la quatrième passe, qui aboutit à la base du cuvelage et dont la hauteur est de 51 mètres, l'inclinaison interne des guides est de 0,001. Quant à l'inclinaison latérale, elle est, pour les deux guides d'une même cage, de 0,0012, et pour ceux de la seconde, de 0,002 ; car il a fallu rapprocher graduellement les deux derniers des deux premiers, à mesure qu'on avançait vers le niveau, où la section du puits est la plus étroite, de manière à faire passer insensiblement l'une des cages dans une portion de l'espace occupée par l'autre, quand celle-ci se trouve à la même hauteur.

Il ne pouvait, du reste, en résulter aucun inconvénient, puisqu'on avait atteint une partie du puits supé-

rieure au point de rencontre des cages, où le jeu laissé entre elles est de $0^m,05$.

Dans la *cinquième* passe, c'est-à-dire sur toute la hauteur du niveau qui est de 50 mètres, le rapprochement des deux lignes de guides a été tel que les cages, en y circulant, occupent alternativement une même portion de la section du puits, de $0^m,06$ de largeur.

Ainsi, l'écartement des cages au point de rencontre étant de $0^m,05$, et le croisement de l'une sur l'autre, dans le niveau, de $0^m,06$, il y a réellement, entre ces deux points, un rapprochement de leurs guides de $0^m,11$.

Sur toute la hauteur de la cinquième passe, l'inclinaison des lignes de guides est très-faible. Latéralement, elle n'est que de 0,089 pour toute la hauteur du niveau, et intérieurement, de 0,095.

Enfin, dans la sixième passe, haute de 20 mètres, les deux lignes de guides sont entièrement d'aplomb.

L'établissement des guides et des traverses sur toute la profondeur du puits, ayant eu lieu de la même manière pour chacune des six passes dont il vient d'être question, il suffira de décrire les procédés employés pour l'une d'elles, celle du fond du puits, par exemple, en indiquant, en même temps, à l'aide de quels artifices on est parvenu à opérer le rapprochement graduel des deux lignes de guides, dans les passes supérieures. Nous ferons remarquer d'abord qu'en commençant par le fond du puits, et allant ainsi de bas en haut, on a eu l'avantage d'utiliser les traverses posées comme supports des échafaudages sur lesquels se plaçaient les ouvriers.

Cela établi, nous rappellerons que, dès le début, deux fils à plomb F.F (*fig.* 9, Pl. V) ont été suspendus à la tête du cuvelage, pour déterminer le nombre de points où l'axe du puits se trouvait brisé, et son écartement de

la verticale passant par le sommet. Ces fils à plomb ayant ainsi fait connaître la tête de la passe inférieure, on les a momentanément supprimés sur toute la partie supérieure du puits, pour ne pas gêner l'ascension et la descente des tonnes d'extraction, et on ne les a conservés que sur la hauteur de la première passe, en les accrochant à une traverse horizontale, encastrée dans les parois du puits au sommet de cette passe.

On a, de même, placé au fond du puits, contre les fils F.F, une seconde traverse T, exactement parallèle à la précédente, qu'on a encastrée solidement dans les parois du puits, après l'avoir mise préalablement de niveau.

On a ensuite tendu, par dessus celle-ci et d'équerre sur son axe, un cordeau AC passant au milieu de sa longueur, en le fixant par des crampons A et C aux parois du puits.

Connaissant alors la distance à laquelle les traverses de même niveau devaient se trouver l'une de l'autre, distance qui dépend à la fois de la longueur externe et centrale des cages et de l'épaisseur de leurs guides, la pose de la seconde traverse T' s'est faite sans difficulté, en la plaçant d'équerre et de niveau sous le cordeau AC. On a ensuite tendu carrément, au-dessous de celui-ci, un second cordeau BD, fixé de la même manière par des crampons B et D aux parois du puits et à égale distance des traverses T et T'.

Les mêmes opérations ont été effectuées à la tête de la passe, au niveau de la première traverse dont nous avons parlé. Les quatre points A, B, C et D ayant ainsi été déterminés, tant à la base qu'au sommet de la passe, on a attaché, aux huit crampons correspondants à ces points, quatre cordeaux, dits *cordeaux de guides*, descendant le long des parois du puits et indiquant exacte-

ment l'inclinaison qu'il s'agissait de donner aux quatre lignes de guides. On a ensuite posé quelques planches sur les deux premières traverses T et T', pour y établir un échafaudage, et on s'est reporté à $2^m,50$ au-dessus où on a attaché, aux quatre cordeaux de guides, deux nouveaux cordeaux horizontaux A_1C_1, B_1D_1 disposés absolument comme l'avaient été les premiers AC, BD. Le centre du puits correspondant à ce second niveau ayant ainsi été déterminé, par l'intersection des cordeaux A_1C_1, B_1D_1, on comprend que la pose de deux nouvelles traverses T_1, T'_1 a pu s'y faire sans difficulté, en les y établissant, de part et d'autre du centre, absolument comme on l'avait fait pour les traverses inférieures, et à une distance de ce centre, égale à la moitié de leur écartement normal, mesurée sur le cordeau A_1C_1.

La pose des quatre premières traverses du fond du puits ayant eu lieu, comme nous venons de le dire, on a procédé à celle des quatre premières pièces de guides, descendues de la surface toutes percées et échancrées aux points où devait être logée une portion de l'épaisseur des traverses. Avant de les présenter contre les faces internes des traverses, on a déterminé exactement, à l'aide du patron P (*fig.* 10, Pl. V), la position qu'elles devaient y occuper. Ce patron, marqué d'un trait visible *e* au milieu de sa longueur, présente, à égale distance de ce point central, deux échancrures I,I, d'une largeur égale à celles des guides et dont l'écartement est exactement le même que celui des deux lignes voisines appartenant aux deux cages, dans leur position normale, avant le rapprochement dont il a été question ci-dessus.

La détermination de l'emplacement des guides sur les deux premières séries de traverses T et T', à l'aide de

ce patron, s'est faite très-facilement. Il suffisait, en effet, de l'appliquer contre la face interne de ces traverses, ainsi que le montre la *fig.* 9, en ayant soin de faire correspondre le trait *e* avec l'axe du cordeau AC, et de tracer avec une pointe, sur les traverses, la position des échancrures I,I du patron, pour avoir celle des guides.

Les guides étant ensuite mis en place contre les traverses, et maintenus dans leur position, à l'aide de petits sergents, il ne restait plus qu'à procéder au forage de ces dernières. Il suffisait, pour cela, d'introduire une tarière dans les trous pratiqués, à la surface, au travers des guides, et de les continuer dans l'épaisseur des traverses.

La pose des boulons et le serrage des écrous, derrière les traverses, s'opéraient ensuite sans difficulté. On continuait enfin, de la même manière, la pose de nouvelles traverses et de nouvelles pièces de guides jusqu'à la tête de la passe, et ainsi de suite, pour les suivantes.

Quand il s'est agit de rapprocher les deux lignes de guides des cages, par suite de l'étranglement du puits, on s'est encore servi du patron P, en faisant voyager sur sa longueur les deux colliers qu'il porte et dont le serrage est opéré à l'aide des deux petites vis de pression *v*, *v* (*fig.* 10, Pl. V). Comme ce patron est muni, de part et d'autre du centre *e*, d'une échelle divisée en millimètres, et dont le o marque la naissance de chaque échancrure I, I, on conçoit qu'il était facile d'y faire figurer la position relative des guides des deux cages, en déplaçant l'un ou l'autre des colliers, ou tous les deux à la fois, du nombre de millimètres correspondant au rapprochement des têtes des pièces de guides qu'il s'agissait de poser, nombre calculé d'après la longueur de 5 mètres que ces pièces ont entre les centres de leurs boulons extrêmes,

Il suffisait ensuite de présenter le patron sur les traverses, d'y tracer la position des têtes de guides ainsi déterminée, et de continuer de la même manière jusqu'au sommet de la passe.

Quant à l'entaillement des parois du puits, pour assurer un libre passage aux cages dans toutes les parties où sa section était trop étroite, on l'a opéré facilement, après avoir déterminé, à l'aide d'un patron appliqué contre les faces latérales externes des guides, la largeur nécessaire, y compris celle du vide à laisser de chaque côté des cages. Pour donner une idée du retard occasionné dans la pose des guides et des traverses par cette opération, il nous suffira de dire qu'on a dû entailler les parois du puits, jusqu'à quatre reprises différentes, sur une largeur de $0^m,15$ à $0^m,22$, et sur une hauteur totale de 52 mètres, en y consacrant ainsi 18 postes de 4 heures.

Cette armature complète, sur une hauteur de 360 mètres, a coûté $9.034^f,15$, répartis comme suit : Frais de premier établissement.

Salaires.

	fr.
550 journées de charpentiers pour la pose des guides et des traverses, à $2^f,52$ l'une.	1.386,00
Bénéfice prélevé sur ces journées par l'atelier de charpentiers.	207,90
190 3/4 journées de charpentiers pour le dressage des guides et la confection des assemblages. . . .	469,64
Bénéfice prélevé par l'atelier de charpenterie. . . .	70,44
52 1/2 journées de charpentiers pour la confection des coins en bois ou calles des traverses.	82,12
Bénéfice prélevé par l'atelier de charpenterie. . . .	11,02
585 journées de mineurs à $2^f,25$ l'une..	1.316,25
147 — de machiniste à $2^f,15$ l'une.	316,05
147 — de chauffeur à $1^f,55$ l'une.	227,85
66 — de moulineur de nuit à $1^f,50$ l'une. . .	99,00
189 — de moulineuses de jour à $0^f.90$ l'une. .	170,10
3 — de maréchal à $1^f,95$ l'une.	5,85
2 — de maréchal à $1^f,50$ l'une.	3,00
A reporter.	8.266,39

Report	8.266,39
5 journées de rameneurs de terres à 1f,80 l'une. .	9,00
9 — de rameneurs de terres à 1f,25 l'une. .	11,25
2 — de chargeurs de terres à 1f,50 l'une. .	3,00
Consommations. 30mc,730 de bois de chêne, dit bois de châssis, pour guides et traverses, à 110f,00 l'un.	3.380,30
1mc,250 de bois de chêne pour calles de traverses. .	96,95
527 pieds de bois d'échelles à 0f,18 l'un.	94,86
423 — de madriers à 0f,14 l'un.	59,22
374 — de planches à 0f,14 l'un.	52,36
36 — de feuillets à 0f06 l'un.	2,16
8 patins d'échafaudages à 0f,25 l'un.	2,00
Diverses règles en bois.	18,15
135 1/2 kilog. de boulons et écrous.	85,23
93 kilog. de boulons.	60,43
12 kilog. de flottes pour boulons de guides.	9,60
4 sergents pour la pose des guides.	12,00
2 limes.	4,65
Tuyaux et robinets pour arroser les guides à la tête du niveau.	6,00
178 kilogrammes de fer.	41,38
5 — d'acier.	5,25
8 — de clous.	3,20
9 — de poudre.	11,25
667 hectolitres de houille.	266,80
Voiturage de houille.	18,90
3 kilogrammes d'acide muriatique pour nettoyage de chaudières.	0,48
4 kilogrammes de graisse.	5,20
1 — de carton.	1,00
23 — d'étoupe.	10,35
24 — de bois de campêche.	7,20
23 — de plomb.	10,70
4 — d'escoupes.	2,40
182 — d'huile de colza.	136,50
48 — d'huile épurée.	38,40
2 — de coton à mèches.	4,60
5 bottes de foin.	1,50
5 mannes en osier.	4,65
1 douzaine de balais.	1,00
90 kilogrammes de cordages.	144,60
38 couvertures d'étoupes.	19,00
45 aunes de toile.	22,50
7 hectolitres de chaux.	4,90
Total.	9.034,15

Soit 25f,06 par mètre courant, et 26 environ si l'on y joint les frais de surveillance de porions et de gardes qui se sont élevés à 356f,40.

Frais d'entretien et de service annuels du puits et de son armature.

Les cages étant parfaitement guidées sur toute la profondeur du puits, l'entretien de ce dernier est très-faible, et ne consiste guère que dans la rectification des lignes de guides, opérée de temps en temps vers les points où les poussées latérales du terrain agissent le plus vivement, ou dans le remplacement de quelques-unes des pièces composant ces lignes, et même quelquefois des traverses contre lesquelles elles s'appuient. Pendant l'exercice 1853-54, l'entretien du puits et de *son armature* a coûté 521f,53, l'extraction de toutes espèces de matières ayant été de 95.961,843 kil., parmi lesquelles la houille figure pour 76.077.512 kil., ou environ 895.029 hectolitres.

Appareils de réception du fond du puits.

Les travaux d'exploitation desservis par le puits n° 8 sont situés à la profondeur de 355 mètres. Ils sont mis en communication avec ce puits par deux places d'accrochages, appelées simplement accrochages, et dont les axes sont parallèles à l'axe longitudinal des cages, d'après la position donnée aux guides de celles-ci.

Ces accrochages A et A' (*fig.* 12 et 21, Pl. V), situés de part et d'autre du puits d'extraction sur le prolongement d'un même diamètre, communiquent entre eux par les galeries ABCDA', et le sol du second A' est à 1m,05 au-dessous de celui du premier A (*fig.* 12). Cette différence de hauteur représente exactement l'intervalle compris entre le niveau des rails de l'un des compartiments des cages et le niveau des rails du compartiment immédiatement supérieur ou inférieur.

Il en résulte que ces deux compartiments peuvent toujours être déchargés ou rechargés simultanément et de la même manière, en amenant sur le sol des accro-

chages les chariots vides qu'ils renferment, et en y substituant à la place les chariots pleins qui stationnent sur ces accrochages.

Cette double opération est d'abord pratiquée pour les deux compartiments inférieurs, et la cage est ensuite descendue d'une hauteur de $2^m,10$, pour amener le sol des compartiments supérieurs dans la direction de celui des deux accrochages, afin de pouvoir en effectuer également le déchargement et le rechargement.

Pour rendre possible la substitution de chariots pleins aux chariots vides renfermés dans les cages, les quatre lignes de guides sont interrompues en face des accrochages, et remplacés par six nouvelles lignes qui descendent jusqu'au fond du puits, et sont dans des positions correspondantes aux montants verticaux, ou fers à T. qui forment les angles des cages. Ceux-ci pouvant alors glisser le long des nouvelles lignes de guides, pendant que les cages opèrent leur mouvement de descente au fond du puits, ou quand elles se relèvent, forcent ces dernières à rester dans l'axe de leur position primitive, en leur permettant ainsi de rentrer facilement dans les guides supérieurs lorsqu'elles abandonnent les accrochages. Pour éviter l'usure des guides par le frottement des fers à T des cages, les angles sont garnis de bandes de fer logées dans l'épaisseur du bois et fixées au moyen de petites vis à tête noyée dans l'épaisseur du fer.

Le sol des accrochages est formé de plaques de fonte jointives sur lesquelles les chariots peuvent rouler dans tous les sens, par les rebords de leurs roues. La partie antérieure de ces planchers en fonte, à l'entrée du puits, porte deux cœurs de rappel en fer forgé, dont les branches, boulonnées dans la fonte, correspondent exactement aux rails des cages et en forment, en

quelque sorte, le prolongement, quand ceux-ci se trouvent amenés au niveau des accrochages. Ils servent, avec de petits rails de rappel situés de chaque côté, à rendre facile l'introduction des chariots dans les cages, après la sortie, sur les accrochages, de ceux qu'elles renferment. De semblables dispositions existent à l'autre extrémité des accrochages, pour permettre la rentrée des chariots dans les galeries intérieures quand ils quittent les abords du puits.

La descente des cages, en face des accrochages, pour effectuer le déchargement et le rechargement des deux compartiments supérieurs, à la suite des mêmes opérations pratiquées sur les deux compartiments inférieurs, est rendue très-facile à l'aide des appareils représentés (*fig.* 12, 13, 14 et 21, Pl. V).

Ces appareils, sur lesquels viennent s'asseoir les deux cages à leur arrivée au bas du puits, consistent en deux tabliers indépendants, formés chacun de deux poutrelles C, C boulonnées sur une traverse DE.

Ils servent à guider les cages dans leur mouvement de descente en face des accrochages, qui a lieu aussitôt que leur poids se trouve augmenté de celui de la houille contenue dans les deux premiers chariots pleins, substitués aux deux premiers chariots vides.

Les extrémités de la traverse DE présentent une rainure formée de deux joues en fer forgé GG..., qui lui permet de glisser facilement, soit en montant, soit en descendant, le long de deux guides verticaux F, F, correspondant exactement à ceux du puits, interrompus en face des accrochages. Cette traverse DE est suspendue, par deux boulons x, x qui traversent les joues formant ses extrémités, à deux petits câbles plats, en chanvre ou en aloès goudronné, passant sur les gorges de deux poulies en fonte R, R... placées sous le sol des

accrochages, et auxquels sont accrochés deux contre-poids composés de rondelles en fonte, enfilées sur les boulons verticaux S, S. Ces contre-poids servent à maintenir le tablier DE, C, C, quand il n'est pas trop chargé, à la partie supérieure de sa course, limitée par l'arrêt V que forment les poutrelles de support des poulies R, R, ainsi que le montre la *fig.* 12.

Le tablier, formé par l'assemblage des poutrelles C, C et de la traverse DE (*fig.* 12 et 21, Pl. V), se trouve, au moment où la cage vient s'y asseoir, dans la position représentée par la *fig.* 12, et qui est telle que le sol du compartiment inférieur de cette cage correspond exactement à celui de l'accrochage A', et le sol du second compartiment, à celui de l'accrochage A.

Pour opérer le déchargement et le rechargement de ces deux compartiments, il suffit donc de relever les cliches qui en ferment l'entrée, en regard de chaque accrochage, de saisir à la main les deux chariots vides qui se présentent et de les amener sur les planchers de recettes, puis de pousser en avant, dans l'intérieur de la cage, les deux chariots pleins destinés à remplacer les premiers, et de rabaisser ensuite les cliches.

Deux hommes placés, l'un, à l'entrée du premier accrochage, et l'autre, à l'entrée du second, suffisent parfaitement pour effectuer cette double opération, les chariots vides étant enlevés des accrochages par les rouleurs mêmes qui y conduisent les chariots pleins.

Les deux ouvriers de recettes, dits *chargeurs aux cages*, ayant ainsi opéré le premier déchargement et rechargement de la cage, exercent une légère pression sur celle-ci, en y appuyant le pied ou la main, et lui impriment un mouvement de descente qui se continue jusqu'à ce que la traverse DE ait atteint les arrêts I, I (*fig.* 12), c'est-à-dire jusqu'à ce que la cage ait par-

couru un trajet de $2^m,10$ de hauteur, au bout duquel le sol de chacun de ses deux compartiments supérieurs se trouve exactement dans le prolongement de celui des accrochages correspondants.

Le déchargement et le rechargement de ces deux derniers compartiments sont alors effectués, absolument comme nous venons de l'indiquer pour les premiers, et la cage, en se relevant, par la mise en marche de la machine motrice, permet au tablier DC, CE, entraîné par ses contre-poids, de remonter jusqu'à ce qu'il rencontre les arrêts supérieurs V, V.

Pour que le mouvement de descente de la cage n'ait pas lieu pendant qu'on opère le remplacement des deux premiers chariots vides par deux chariots pleins, on voit qu'il suffit d'attacher des contre-poids assez lourds aux extrémités S, S des câbles de suspension. D'un autre côté, ces contre-poids ne doivent pas non plus être trop forts pour empêcher la descente de la cage, à la suite de la première substitution de chariots pleins aux chariots vides.

Le poids de la houille renfermée dans deux chariots étant d'environ 700 kil., nous avons constaté que pour que la cage puisse descendre facilement et sans chocs, quand elle contient deux chariots pleins, il faut employer quatre contre-poids de 915 kil. chacun.

Quand la cage doit être chargée de terres au lieu de houille, comme cela a lieu très-souvent de nuit, l'un des chargeurs descend au fond du puits, par une échelle et pose, sur chaque pile de contre-poids, un poids supplémentaire de 25 à 30 kil., qui est enlevé aussitôt que l'extraction de la houille recommence. Le plus souvent même, on se dispense d'avoir recours à ce contre-poids, en se bornant, pour empêcher la cage chargée de terres de descendre trop vite, à la pousser

en avant, d'un côté, contre ses guides, pour produire ainsi une espèce de frein artificiel qui en modère la vitesse. C'est même ce qui se fait en plein jour quand on s'aperçoit que les deux premiers chariots de houille introduits dans la cage sont chargés plus combles que de coutume, et les ouvriers préposés au service des recettes ont acquis une telle habitude de ces manœuvres, qu'ils les exécutent sans jamais donner lieu au moindre accident fâcheux.

Dans le principe, avant la mise en marche des cages au puits n° 8, on craignait que leur descente au fond du puits ne se fît pendant la durée du premier chargement même, avant qu'il fût complétement effectué. Pour y parer, on avait établi sous la traverse DE un appareil à taquets, représenté (*fig.* 12, 13, 13 et 14, Pl. V), et composé d'arbres portant des taquets à encoches T, T, sur lesquelles devaient reposer les joues GG, pendant l'exécution des premières manœuvres. Les arbres, reliés entre eux par un système de leviers articulés MN, P'Q, pouvant être mis facilement en mouvement à l'aide d'un levier L mis à portée de l'un des chargeurs, on comprend qu'il suffisait de décrocher les extrémités de la traverse DE, par l'abaissement du levier L, pour lui permettre d'être entraînée par la cage renfermant deux chariots pleins. Mais il en résultait un peu plus de lenteur dans les manœuvres, et les tourillons des arbres, exposés à une humidité continuelle, se rouillaient très-vite et rendaient le mouvement de l'appareil très-difficile. A la longue, ces difficultés se sont même aggravées par la flexion des arbres de l'appareil, produite par les poussées latérales des parois. Ces motifs ont fait renoncer promptement à son usage aussitôt qu'on a reconnu qu'on pouvait s'en passer sans inconvénient, et rendre même les manœuvres beoucoup plus rapides.

Pendant la durée du travail, si le transport intérieur vient à être en retard sur l'extraction par le puits, c'est-à-dire si les chariots pleins n'arrivent pas assez vite aux accrochages, les chargeurs aux cages en préviennent immédiatement les ouvriers placés à l'embouchure du puits, au moyen d'un signal convenu donné à l'aide d'une sonnette suspendue au châssis à molettes, et dont le cordon, qui descend à côté des guides, le long d'une rangée de traverses, en passant, de 50 en 50 mètres dans les anneaux mobiles de petits pitons que portent celles-ci, est terminé par une poignée mise sous la main des premiers ouvriers.

Ce cordon, en fils de fer anglais n° 16, avec âme en chanvre, a un diamètre de $0^{m},0075$, pèse $0^{k},242$ par mètre courant, et coûte $1^{f},80$ le kil. Sa durée paraît très-longue, car nous en possédons plusieurs qui fonctionnent déjà depuis plus d'un an et demi, et paraissent encore en parfait état de conservation.

Les câbles de suspension des contre-poids sont en aloès goudronné, formés de six aussières à trois torons.

Ils ont $0^{m},11$ de largeur, $0^{m},0245$ d'épaisseur, pèsent $1^{k},93$ par mètre courant et coûtent $2^{f},00$ par kil. Leur durée varie de 3 1/2 à 5 mois pour une extraction totale par le puits, tant en houille qu'en terres et diverses matières de 249 à 250 cages de 4 chariots par 24 heures, représentant un poids effectif total de 320000 kil., non compris celui des cages et des chariots vides, ou de 80000 kil. pour chaque câble de suspension.

Nous avons essayé de les remplacer par des câbles plats en chanvre goudronné, à 4 aussières, de $0^{m},115$ de largeur, $0^{m},035$ d'épaisseur, pesant $3^{k},56$ par mètre courant, à raison de $1^{f}80$ le kil.; mais nous y avons renoncé, parce que la durée de ceux-ci était, en géné-

ral, plus faible que celle des précédents. Elle variait de 2 à 3 mois de 26 jours de travail.

Frais de service et d'entretien annuels des recettes du fond.

Pour une extraction journalière d'environ 3000 hectolitres de houille, on emploie aux accrochages deux hommes payés à raison de 2f,60 par jour pour effectuer toutes les manœuvres du fond du puits.

Pour l'exercice 1853-54, la marche de l'extraction de la houille par le puits n° 8 a eu lieu pendant 301 jours, durant lesquels on a extrait d'une profondeur de 355 mètres :

		kilog.
50.357 1/2	cages, à 4 chariots, de houille marchande pesant environ.	70.500.500
3.688 1/2	cages, à 4 chariots, de houille pierreuse.	5.577.012
4.143 3/4	cages, à 4 chariots, de chauffours ou menu terreux.	5.473.085
6.514 3/4	cages, à 4 chariots, de déblais ou terres.	10.267.246
10.360	cages, à 4 chariots, d'ouvriers.	4.144.000
75.064 1/2	cages totales pesant ensemble.	95.961.843

On a employé, pour cette extraction, aux deux accrochages :

		fr.
602	journées de chargeurs aux cages, de jour, qui ont coûté.	1.566,20
et 602	journées de chargeurs aux cages, de nuit, qui ont coûté.	1.271,40
1.204	journées totales (pour le jour et la nuit) qui ont coûté.	2.837,60

On a usé dans le courant de l'exercice :

	fr.
55 mètres de câbles de suspension à 3f,86 l'un.	212,30

Et on a employé pour le placement de ces cables :

26 journées d'ouvriers qui ont coûté.	65,00
Les frais d'entretien des appareils de réception se sont donc élevés à.	277,30

Par conséquent, le service et l'entretien annuels des recettes du fond du puits ont coûté 3.114f.90, savoir :

2.837f,60 pour les journées de chargeurs aux cages et
277,30 pour l'entretien des appareils de réception.

Les appareils de réception des cages au fond du puits n° 8 ont coûté, en frais de premier établissement, 1174f,48, savoir : **Frais de premier établissement des appareils de réception du fond du puits.**

	fr.
Charpenterie (1mc,370 de bois et main-d'œuvre). . . .	185,00
24 rondelles en fonte pour contre-poids, soit 3.661 kilogrammes à 0f,16 l'un.	585,76
4 poulies en fonte pesant 140 kilogrammes à 0f,30 l'un.	42,00
8 crapaudines en fonte pesant 56 kilogrammes à 0f,30 l'un.	16,80
8 joues en fer forgé qui terminent les traverses des tabliers pesant 144 kilogrammes à 0f,80 l'un. . .	115,20
4 tourillons de poulies pesant 16 kilogrammes à 0f,80 l'un.	12,80
40 boulons de crapaudines pesant 45 kilogrammes à 0f,70 l'un.	31,50
4 carcans en fer pesant 12 kilogrammes à 0f,50 l'un.	6,00
4 boulons de suspension de contre-poids pesant 20 kilogrammes à 0f,45 l'un.	9,00
4 câbles plats de 17m,20 de longueur, et pesant ensemble 33k,2, à 2f,00 l'un.	66,40
Garnitures en fer des guides du fond.	104,02
Total.	1.174,48

La *fig.* 15, Pl. V, représente l'élévation du châssis à molettes et la coupe verticale des recettes de la surface, à l'embouchure du puits. Celles-ci sont au nombre de deux, séparées par un intervalle de 2m,10, correspondant exactement au double de hauteur d'un compartiment de cage, et sont formées de plaques en fonte jointives de 0m,015 d'épaisseur, supportées par des poutrelles en bois. **Recettes de la surface, appareils de réception et manœuvres des cages à leur arrivée au jour.**

Les deux lignes antérieures des guides qui touchent le bord des recettes sont interrompues, en face de celles-ci, sur une hauteur d'un mètre environ, pour faciliter la sortie des chariots pleins de l'intérieur des

cages, et leur remplacement par des chariots vides à l'arrivée à la surface.

Deux appareils à taquets mobiles (*fig*, 8, 16 et 17, Pl. V), établis au sommet du puits d'extraction, au-dessus des orifices d'entrée et de sortie des cages, servent à supporter celles-ci en face des recettes, pendant qu'on en opère le déchargement et le rechargement. La position des taquets, qui se relèvent pour laisser passer la cage et retombent ensuite sur leurs patins de retenue quand ils sont abandonnés de celles-ci, est telle qu'ils correspondent exactement aux mentonnets PP (*fig.* 1 et 2, Pl. V). Ils servent ainsi d'arrêts à ces mentonnets dans la descente de la cage, de telle sorte que le sol du compartiment supérieur et celui du troisième, en allant de haut en bas, se trouvent situés dans le prolongement des planchers de recettes; et comme ceux-ci portent à leur partie antérieure des cœurs et des rails de rappel semblables à ceux des accrochages, et correspondant aussi à l'entrée des compartiments de cages, on conçoit que le déchargement et le rechargement de ces derniers doivent s'opérer avec la même facilité qu'au bas du puits d'extraction.

Aussitôt que cette double manœuvre est effectuée pour les deux compartiments dont il vient d'être question, il suffit de soulever la cage, à l'aide de la machine, d'un peu plus de $1^m,05$ de hauteur, et de la faire ensuite rasseoir sur les taquets de l'embouchure du puits pour amener ses deux autres compartiments dans la même position vis-à-vis des recettes, et permettre de les décharger et recharger de la même manière.

Cette double opération, à chaque recette, est effectuée par deux ouvriers, dont l'un relève la cliche de l'entrée du compartiment qui se présente, saisit le cha-

riot plein qu'il renferme et l'attire sur la recette, tandis que l'autre pousse à la place un chariot vide, rabaisse la cliche de la cage, et prévient ensuite, s'il s'agit de la recette supérieure, ses camarades de l'autre recette de l'achèvement des manœuvres. Ceux-ci ayant opéré de la même manière à la recette qu'ils desservent, l'un d'eux donne au machiniste le signal du soulèvement de la cage, ouvre l'orifice d'entrée correspondant du puits d'extraction pour l'y laisser redescendre, en relevant les taquets devenus libres, et les rabaisse ensuite dans leur position primitive quelques instants après le départ de la cage. En général, la durée de toutes ces manœuvres ne dépasse pas vingt secondes. Cependant, des manœuvres de si courte durée ne sont jamais en avance sur celles du fond du puits, quand les chariots pleins ne se font pas attendre aux accrochages.

Les quatre taquets de chacun des appareils montés sur le puits d'extraction (*fig.* 8. 16 et 17, Pl. V) sont mobiles sur leurs axes; mais ils ne peuvent être soulevés par les mentonnets de la cage que de la hauteur nécessaire pour lui livrer un libre passage, car leur course est limitée par de petites chevilles en fer *t*, *t*, *t* (*fig.* 8, Pl. V) implantées dans les arbres qui les portent, et qui se trouvent logées dans l'intérieur d'une mortaise verticale pratiquée dans l'épaisseur des taquets. On conçoit, en effet, que lorsque ceux-ci sont relevés par la cage à sa sortie du puits, ils ne tardent pas à venir butter contre ces chevilles faisant partie des axes, et à s'arrêter ainsi dans leur mouvement de rotation; et, comme dans cette nouvelle position leur centre de gravité est encore situé du côté du puits, ils retombent sur leurs patins de retenue PP (*fig.* 7 et 8) aussitôt que la cage les abandonne. Pour les relever, afin d'ouvrir un passage à la cage vers le puits d'extraction, il

suffit d'abaisser le levier L qui commande leurs axes, reliés entre eux par le système de tringles et de leviers articulés *abcd;* car ils se trouvent alors entraînés par les chevilles *t*, *t*, dans le mouvement de rotation de celles-ci, absolument comme s'ils étaient fixes sur les arbres horizontaux qui les portent.

Appareil élévateur qui met en communication les deux recettes. Le déchargement des chariots pleins, déposés sur les deux recettes, est opéré au moyen de culbuteurs dont il sera parlé plus loin et qui existent à l'extrémité de ces recettes, du côté opposé au puits d'extraction. Ce déchargement peut être effectué simultanément aux deux recettes, ou avoir lieu, pour tous les chariots, soit à la recette supérieure, soit à la recette inférieure. Dans les deux derniers cas, il est nécessaire d'envoyer préalablement tous les chariots pleins d'une recette à l'autre, et de remplacer ceux qui quittent la première, par un pareil nombre de chariots vides empruntés à la seconde.

Comme le déchargement des chariots est opéré, le plus fréquemment, par les culbuteurs de la recette supérieure, il s'agit donc, dans ce cas, d'y amener deux chariots pleins déposés, à leur sortie de la cage, sur la recette inférieure, et de les remplacer par deux chariots vides empruntés à la première, afin de rendre possible le chargement de la nouvelle cage attendue à la surface. La descente et la montée de ces chariots s'opèrent simultanément, au moyen de l'appareil représenté (*fig.* 18, 19 et 20, Pl. V; *fig.* 1 et 2, Pl. VI), mis en mouvement par la machine à vapeur elle-même, pendant la durée de l'ascension et de la descente des cages dans le puits d'extraction. Cette durée est plus que suffisante pour permettre de monter successivement les deux chariots pleins, et de descendre, en même temps, les deux chariots vides qui doivent les rem-

placer sur la recette inférieure. Elle est même assez grande pour permettre, si on le veut, d'opérer alternativement les deux montées successives de chariots pleins, en les faisant suivre de deux descentes de chariots vides, au lieu d'effectuer simultanément les unes et les autres.

L'appareil élévateur, employé pour cette double opération de sens inverse, se compose de deux petites cages en fer forgé A, A (*fig.* 18 et 19 et 20, Pl. V, suspendues, à volonté, aux extrémités d'un balancier en fer à trois branches FGP, et dans lesquelles on introduit les chariots qu'il s'agit d'élever ou de descendre d'une recette à l'autre. Leurs faces latérales et postérieures sont fermées par les croix de Saint-André qui les composent, tandis que leur face antérieure est entièrement libre, quand la petite cliche C que porte l'un de ses angles est relevée contre celui-ci. L'introduction d'un chariot dans l'intérieur de chacune d'elles, sur les rails dont est armé le fond, s'y fait donc sans difficulté, des cœurs et des rails de rappel fixés sur les planchers de recettes, en avant de cette cage, le forçant à y pénétrer dans la position qu'il doit y occuper. L'abaissement de la cliche C, qui a lieu ensuite, l'y maintient complétement pendant toute la durée de l'ascension ou de la descente de la cage. Sa sortie sur les recettes, facilitée par les cœurs et les rails de rappel dont il vient d'être question, n'offre de même aucune difficulté, puisque, pour l'opérer, il suffit, aussitôt que la cage est assise au niveau de la recette sur laquelle on doit l'amener, de relever la cliche C, de le saisir à la main, et de l'attirer en avant.

Lorsque ces deux petites cages doivent être mises en mouvement, pour opérer la descente et la montée des chariots entre les recettes, on les suspend au crochet

qui termine les chaînes B, B, celles-ci étant elles-mêmes liées aux extrémités F et G du balancier FGP par des entretoises et des tringles à œillets C, C (*fig.* 1, 2 et 3, Pl. VI). Le balancier FGP reçoit, de la machine d'extraction, le mouvement de va-et-vient nécessaire pour élever l'une des cages et descendre l'autre, par l'intermédiaire de sa troisième branche P, contre laquelle agit alternativement, par traction et poussée, le système de bielles et balancier en bois *h*, I, J, que commande la manivelle K (*fig.* 18 et 20, Pl. V). Cette dernière est fixée à l'extrémité d'un arbre en fer qui porte une roue dentée N engrenant avec un pignon M, dont l'arbre est muni d'une poulie en fonte Q. Celle-ci est commandée elle-même, à l'aide d'une courroie de transmission, par la poulie en bois R que porte un petit arbre en fer emmanché dans l'extrémité de l'arbre des bobines de la machine d'extraction, ainsi que le montre la *fig.* 20. Dès lors, on conçoit qu'en donnant à la manivelle K une longueur de quelques centimètres plus grande que la moitié de l'intervalle qui sépare les deux planchers de recettes, l'oscillation du balancier FGP, produite par la marche de la machine d'extraction, force l'une des cages A, A à s'élever, de la recette inférieure, un peu au-dessus du niveau de la recette supérieure, et l'autre cage, à descendre de la seconde à la première, en rendant très-facile le décrochement de sa chaîne de suspension B, B, puisque celle-ci ne tarde pas à flotter en l'air, le mouvement oscillatoire du balancier FGP continuant à avoir encore lieu, pendant un certain temps, après l'arrêt de cette seconde cage, au niveau du plancher inférieur. Il arrive même souvent que le crochet de la chaîne B, B quitte de lui-même l'œillet qui termine l'anse de la cage, et vient se reposer, avec une portion de cette chaîne, sur le toit en tôle de la cage.

Un petit appareil *a*, *b*, *c*, *d* (*fig.* 18 et 19), à taquets mobiles T, T..., tout à fait semblable à ceux de la tête du puits d'extraction, quant à la forme et à la manière dont il se manœuvre, est établi au-dessus de l'orifice par lequel chaque petite cage, dans son mouvement ascensionnel, débouche sur la recette supérieure, et à une hauteur telle que, lorsque la cage est assise sur ses taquets, le niveau des rails de celle-ci correspond au plancher de la recette.

Le passage de la cage dans l'appareil à taquets a lieu comme celui des cages d'extraction, à travers ceux de l'orifice du puits. Les petits taquets, soulevés d'abord par la cage et abandonnés ensuite à eux-mêmes, retombent sur leurs patins de retenue, en vertu de leur propre poids, la cage continuant son mouvement ascensionnel, par suite de l'amplitude de l'oscillation du balancier FGP, qui est un peu supérieure à l'intervalle compris entre les deux recettes. Elle vient ensuite s'asseoir sur ces taquets, presque aussitôt que le mouvement oscillatoire en sens contraire du balancier FGP commence à se produire; et, comme celui-ci continue jusqu'à ce que le bouton de la manivelle K ait décrit une circonférence entière autour de son arbre de couche, la chaîne B, B se décroche d'elle-même et vient se replier sur le toit de la cage, en laissant celle-ci complétement libre. On peut donc la décharger immédiatement de son chariot plein et y introduire, à la place, un chariot vide, comme nous l'avons indiqué précédemment. Pendant ce temps, sa chaîne de suspension, ne tardant pas à se déplier et à se tendre, par suite de la continuation du mouvement oscillatoire du balancier FGP, il suffit d'y accrocher la cage pour que celle-ci soit soulevée de nouveau un peu au-dessus des taquets. On relève ensuite ceux-ci, en abaissant le levier V qui les commande, et le balancier

FGP, recommençant un mouvement de sens inverse à celui qui a soulevé la cage, la descend définitivement à la recette inférieure.

Toutes ces manœuvres s'opèrent facilement pendant la durée d'une ascension dans le puits d'extraction, et les deux hommes, placés à chaque recette, suffisent complétement pour les opérer. Ceux de la recette où affluent tous les chariots pleins peuvent même les vider complétement à l'aide des culbuteurs, pendant le même intervalle, sans qu'il en résulte de pertes de temps de nature à entraver ces manœuvres.

Les petites poulies H, H (*fig.* 18 et 19), qu'on aperçoit à la partie supérieure de la charpente en bois qui porte les appareils à taquets et dans l'intérieur de laquelle circulent les petites cages A, A, servent uniquement à guider les chaînes de suspension B, B, qu'on a soin de graisser, de temps en temps, avec la graisse, de peu de valeur, qu'on retire du fond des tonneaux qui renferment l'huile d'éclairage, pour les rendre très-souples, en facilitant ainsi le glissement, les uns sur les autres, des anneaux qui les composent.

Cet appareil élévateur fonctionne parfaitement, et le rapport des rayons des poulies Q, R et des roues N et M, est tel que l'ascension des deux chariots pleins et la descente des deux chariots vides peuvent être opérées avec une seule petite cage, avant même que les grandes aient parcouru toute la profondeur du puits d'extraction. On peut donc mettre l'autre en réparation, quand cela est nécessaire, sans entraver la marche du service.

Frais d'entretien et de service annuels des appareils de réception de la surface.

Les frais d'entretien et de service annuels des deux appareils à taquets, montés à la tête du puits d'extraction, sont presque insignifiants. Depuis plus de deux ans qu'ils sont établis, on n'y a fait aucune réparation, si ce n'est le remplacement, à plusieurs reprises, des

chevilles implantées dans les arbres de couche des taquets et qui servent, à la fois, de guides et d'arrêts à ceux-ci, dans leur mouvement de rotation produit par la sortie des cages du puits d'extraction. La rupture de ces chevilles, quand elle a lieu, est toujours le fait de l'inattention de l'ouvrier préposé à la manœuvre du levier qui commande les arbres des taquets. Elle se produit lorsqu'il ne se donne pas la peine d'abaisser ce levier jusqu'au bas de sa course, pour livrer à la cage un libre passage, à l'entrée du puits d'extraction. On conçoit, en effet, que, dans ce cas, la cage frappe par ses mentonnets P, P..., *fig.* 1 et 2, Pl. V, sur l'extrémité des taquets, en les forçant à s'abaisser vers le puits, et arrache, par cela même, les chevilles qui rendent fixes ceux-ci sur les arbres de couche. Ces chevilles, pour offrir plus de résistance, sont en fer de Suède extrêmement tenace; mais malgré cette précaution, on en remplace habituellement six par an, ce qui représente une dépense de 4 francs. Quant au graissage des tourillons des axes des taquets, il absorbe environ 12 kil. d'huile à 1 franc par an. Les frais de service et d'entretien des deux appareils à taquets de la tête du puits s'élèvent donc annuellement à environ 16 francs.

Les frais d'entretien et de service annuels de l'appareil élévateur sont beaucoup plus élevés. Jusqu'à présent ils ont été de 607f,99, savoir :

	fr.
Pour réparations diverses faites aux bielles, manivelle, balancier, etc.	557,99
50 kilogrammes d'huile pour graissage des chaînes et des tourillons des arbres des petits taquets.	50,00
Total.	607,99

L'importance des réparations qu'il a subies tient à ce que, dans le principe, certaines parties du balancier et de la manivelle étaient un peu trop faibles, eu égard

aux efforts qu'elles ont à supporter; mais depuis qu'on les a renforcées, en faisant en même temps usage d'un fer plus tenace, la rupture devient très-rare et n'est jamais que le résultat de chocs tout à fait exceptionnels.

Frais de premier établissement des appareils de réception de la surface.

Les appareils à taquets de l'embouchure du puits et le boisage sur lequel ils sont établis ont coûté 852f,47, savoir :

	fr.
6 crapaudines en fonte pesant 196 kil. à 0f,30 l'un.	58,80
36 boulons de crapaudines pesant 19 kil. à 1f,20 l'un.	22,80
4 arbres, 8 taquets, tringles et leviers pesant 268 kil. à 1f,20	321,60
8 patins de retenue en fonte pesant 14 kil. à 0f,30 l'un.	4,20
2mc,220 de bois de chêne pour sommiers et cadres de supports à 115f,00 l'un.	255,30
182 pieds de madriers à 0f,14 l'un.	25,48
32 pieds de planches à 0f,08 l'un.	2,56
27 vis à bois à 0f,06 l'une.	1,62
11 kilogrammes de clous à 0f,50.	5,50
54 journées de charpentiers.	148,61
2 journées d'ajusteur pour la pose des appareils.	6,00
Total.	852,47

Quant aux frais de premier établissement de l'appareil élévateur complet et de la charpente des petites cages, ils se sont élevés à 1.349f,14, savoir :

Charpente des petites cages.

	fr.
1mc,600 de bois de chêne à 97f,44 l'un.	155,90
9 pieds de planches et madriers à 0f,228 l'un.	2,05
34 pieds de combles à 0f,07 l'un.	2,38
46 journées de charpentiers.	135,01

Appareil élévateur proprement dit.

0mc,480 de chêne à 91f,625 l'un.	43,98
0mc,850 de sapin à 48f,00 l'un.	40,80
184 pieds de planches et madriers à 0f,18 l'un.	33,12
18 boulons à écrous à 0f,07 l'un.	1,26
2 kilogrammes d'autres boulons à 0f,60 l'un.	1,20
24 vis à bois.	0,72
2 1/2 kilogrammes de clous à 0f,50 l'un.	1,25
A reporter.	417,67

	fr.
Report.	417,67
49 journées de charpentiers.	143,17
2 cages pesant 200 kilogrammes à 0f,70 l'un.	140,00
1 balancier en fer forgé pesant 87 kil. à 0f,70 l'un.	60,90
1 arbre de balancier pesant 25 kil. à 0f,70 l'un. . .	17,50
4 tringles et 3 entre-toises pesant 30 kil. à 0f,50 l'un.	15,00
2 chaînes en fer de Suède.	48,50
4 arbres avec taquets et leviers, pesant 70 kil. à 0f,70 l'un.	49,00
4 poulies pesant 140 kilogrammes à 0f,30 l'un. . .	42,00
4 tourillons pesant 18 kilogrammes à 0f,70 l'un. .	12,00
14 crapaudines pour poulies et arbres de taquets, pesant 120 kil. à 0f,30 l'un.	36,00
Boulons de crapaudines pesant 12 kil. à 0f,70 l'un.	8,40
2 poulies pesant 190 kil. à 0f,25 l'un.	47,50
1 engrenage avec pignon, pesant 200 kil. à 0f,25 l'un.	50,00
4 arbres de poulies et de roues d'engrenage, pesant 80 kil. 0f,50 l'un.	40,00
1 levier et 2 carcans, pour transmission de mouvement, pesant 35 kil. à 0f,50 l'un.	17,50
Ferrures de bielles et de balancier en bois de la transmission, pesant 140 kil. à 0f,50 l'un. . . .	70,00
26 boulons pour cette transmission, pesant 18 kil. à 0f,70 l'un.	12,60
1 courroie pour cette transmission, pesant 6 kil. à 3f,50 l'un.	21,00
1 manchon d'embrayage pesant 18 kil. à 0f,30 l'un.	5,40
2 crapaudines pour balancier pesant 14 kil. à 0f,30 l'un.	4,20
7 crapaudines pour engrenages et poulies, pesant 90 kil. à 0f,30 l'un.	27,00
Coussinets pour engrenages et poulies, pesant 12 kil. à 4f,50 l'un.	54,00
Boulons pour engrenages et poulies, pesant 14 kil. 0f,70 l'un.	9,80
Total.	1.349,14

Culbuteurs, grilles de séparation, cliage ou chambre de triage.

Nous avons dit plus haut que le déchargement des chariots pleins, amenés de la mine et déposés sur les recettes de l'embouchure du puits, était opéré, à l'une ou à l'autre recette, au moyen de culbuteurs établis à leur extrémité du côté opposé au puits d'extraction. Ces

culbuteurs sont au nombre de deux pour chaque recette. Ceux de la recette inférieure servent à vider les chariots directement dans les grands wagons de transport de la surface, amenés au-dessous, par un embranchement de voie ferrée qui se détache de la voie principale à quelque distance du puits d'extraction. Ceux de la recette supérieure sont employés, au contraire, à vider les chariots au-dessus des grilles de séparation, qui servent à diviser la houille en plusieurs qualités, sous le rapport de la grosseur des fragments qu'elle renferme. Ces culbuteurs, représentés *fig.* 4, 5 et 6, Pl. VI, sont formés de deux joues creuses en fer forgé dans lesquelles les roues des chariots peuvent se loger, et qui sont fixées à un châssis en bois au moyen de boulons et d'écrous. Ces joues se composent simplement d'une bande de fer plat recourbée, comme le montre la *fig.* 4, Pl. VI, et dont les deux branches, parallèles jusqu'au point où commence le recourbement, ont entre elles une ouverture égale au diamètre des jantes des roues de chariots. Elles sont saisies extérieurement par les pattes d'étriers en fonte E, F, auxquelles elles sont boulonnées, et dont les premières E, E portent les tourillons de suspension du culbuteur. Les pièces G, H, I, fixées sous les longs côtés du châssis inférieur, servent de buttoir au culbuteur, dans son mouvement de rotation produit par le poids du chariot plein qu'on y introduit, en venant frapper contre le plancher incliné, à la tête duquel il est établi. Ces buttoirs limitent à la fois l'amplitude du mouvement produit, et forcent en même temps la houille menue, adhérente au fond du chariot, à s'en détacher complétement.

Les *fig.* 5 et 6, Pl. VI, représentent, l'une la coupe transversale d'un culbuteur, et l'autre l'élévation de l'un des paliers en fonte qui portent les tourillons de

suspension. Ces tourillons sont engagés dans les étriers des joues du culbuteur, à une hauteur telle que, lorsqu'un chariot plein y est engagé, le centre de gravité de la masse totale passe un peu en avant de l'axe de suspension, tandis que le contraire a lieu aussitôt que le chariot est entièrement vidé. Il en résulte que le chariot plein introduit dans le culbuteur se renverse de lui-même, et le ramène ensuite dans sa position horizontale primitive, aussitôt qu'il se trouve allégé du poids de la houille qu'il renfermait.

L'ouvrier chargé de la manœuvre du culbuteur se borne, après y avoir fait entrer son chariot, à retenir celui-ci légèrement pour qu'il ne se renverse pas trop vite, et à le soutenir ensuite un peu de la main aussitôt qu'il est vidé, pour qu'il ne revienne pas trop brusquement en arrière. Au reste, la position de l'axe de rotation est telle que, même sans l'aide de l'ouvrier, le chariot plein se renverse sans chocs, en faisant tourner le culbuteur, et est ensuite ramené en arrière par celui-ci, avec une vitesse très-modérée, aussitôt que la houille s'en est échappée. L'ouvrier n'agit en quelque sorte sur le chariot que pour le forcer à se vider complétement, en faisant frapper, à différentes reprises, les buttoirs culbuteur contre le plan incliné inférieur, pour faire tomber les quelques fragments de menu qui peuvent rester adhérents au fond, ou se loger dans l'angle formé par celui-ci et la face antérieure du chariot.

Plan incliné de réception de la houille et moyen employé pour modérer la descente de celle-ci.

Le plancher incliné, qui reçoit la houille à sa sortie du chariot, s'avance jusque sous le culbuteur et forme le prolongement des premières grilles de séparation Y, Y (*fig.* 15 et 20, Pl. V).

Il est recouvert, sur toute son étendue, d'une feuille de tôle, qui descend jusqu'à la tête des grilles de séparation, et qui sert à faciliter le glissement de la houille

vers celles-ci. Pour l'empêcher d'être projetée en avant, par un mouvement trop brusque du culbuteur et du chariot, qui pourrait avoir lieu si celui-ci était trop comble, on a établi, à la tête de chaque grille de séparation, un tablier en bois mobile T,T', composé de pièces articulées et dont l'axe de suspension est supporté par deux petits montants latéraux en bois. La pièce inférieure du tablier est même rabattue jusque sur la grille correspondante, pour modérer la vitesse de descente de la grosse houille, et maintenir en même temps, sous le culbuteur, un petit tas de menu qui sert, en quelque sorte, de matelas aux gros fragments, à leur sortie du chariot.

Grilles de séparation et triage de la houille.

Les premières grilles de séparation Y,Y, dont il vient d'être question, ont une inclinaison de 25°, suffisante pour permettre à la grosse houille d'arriver à leur base, sans qu'il soit nécessaire de l'y attirer au moyen de rateaux à dents de fer, en la brisant plus ou moins, comme on est dans l'habitude de le faire dans les houillères où on en emploie de plus couchées. D'un autre côté, cette inclinaison n'est pas assez considérable pour qu'il y ait chute de la houille vers le pied des grilles et, par conséquent, bris plus ou moins grand; car, lorsque la proportion de menue houille est assez élevée, les gros fragments qui se trouvent par-dessus, en tête des grilles de séparation, ont même souvent de la peine à arriver jusqu'au bas. Cette inclinaison est donc telle qu'elle ne donne lieu qu'à un simple glissement des gros blocs de houille sur les barreaux en fonte qui composent les grilles de séparation. Ces barreaux, dont l'épaisseur est de $0^m,028$, comprennent entre eux des vides de $0^m,03$ de largeur par lesquels la menue houille s'échappe, en tombant dans une trémie à parois inclinées, qui la conduit dans un grand wagon de la surface

amené au-dessous, ainsi que le montre la *fig.* 15, Pl. V.

Les grilles Y, Y ont $1^m.23$ de largeur et sont garnies latéralement de rebords en bois de $0^m,48$ de hauteur, formant un conduit pour l'écoulement de la houille, de manière à éviter qu'aucun fragment ne soit projeté par côtés.

La grosse houille (gaillette) et la moyenne (gailleterie), à leur arrivée au bas des grilles inclinées *y*, se répandent sur des grilles horizontales plus petites *z*, *z*, dont l'écartement des barreaux est le même que celui des premières.

Deux ouvriers, appelés tourneurs, placés en avant des grilles Z, Z, et armés de râteaux à dents de fer, s'en servent pour attirer par côtés les gaillettes, et les pousser vers les ouvertures G, G (Pl. V, *fig.* 20) ménagées dans le plancher du *clicage* (chambre de triage), de manière à ce que deux autres tourneurs, placés debout, dans l'intérieur de deux grands wagons amenés sous les ouvertures G, G, puissent les saisir à la main et les déposer dans ces wagons. En même temps, les deux premiers attirent en avant, avec leurs râteaux, les gailleteries restées sur les grilles Z, Z, et les forcent à passer par les ouvertures L, L, garnies, à la partie inférieure, d'une trémie à parois inclinées qui les conduit dans un grand wagon amené par dessous, entre les deux wagons en chargement de gaillettes, dont il vient d'être question. Ces mêmes ouvriers, en éparpillant les gailleteries avec leurs râteaux, sur les grilles Z, Z, les séparent des quelques fragments de houille menue échappés aux vides des grilles Y, Y, qui s'écoulent alors par ceux des grilles Z, Z dans le wagon situé sous la trémie des premières. Ils y sont conduits par un petit tablier incliné et garni de tôle, qui se trouve établi sous les grilles Z, Z.

Les culbuteurs de la recette inférieure peuvent servir, comme nous l'avons dit, au déchargement de tous les chariots extraits du fond de la mine à la surface. Dans ce cas, la houille tombant directement dans le wagon amené par dessous, y est introduite telle qu'elle sort de la mine, c'est-à-dire à l'état de tout-venant. Mais, comme en général, à cet état, elle n'est pas composée en gaillettes, gailleteries et fines, suivant les proportions qu'exige le commerce, et que, d'un autre côté, il devient difficile, pour ne pas dire impossible, de la nettoyer complétement, par l'enlèvement des pierres qu'elle renferme, puisqu'elle ne séjourne pas assez longtemps à portée des enfants chargés de cette opération, comme cela a lieu quand elle est obligée de passer par dessus les grilles de séparation, on préfère, pour ce déchargement, se servir exclusivement des culbuteurs supérieurs. On s'en sert même dans le cas où la composition de la houille sortant de la mine n'exige aucun triage. Les culbuteurs inférieurs sont alors spécialement affectés au déchargement des terres ou déblais, et de la houille pierreuse non marchande.

On voit, par là, de quelle importance est la seconde recette, puisqu'elle permet d'amener, sans inconvénient, à la surface, en plein jour, pendant la durée de l'extraction de la houille marchande, les terres ou les mauvais charbons qui peuvent encombrer les galeries et les chantiers d'exploitation, et qui, sans cela, seraient de nature à entraver le travail souterrain.

Lorsqu'on veut faire du tout-venant (forges gailleteuses) d'une composition déterminée en gaillettes, gailleteries et fines, on constate, à l'avance, par expérience, les proportions des divers éléments qui constituent la houille sortant de la mine, et on en déduit ensuite les

quantités à retirer, sur un certain nombre de chariots en déchargement.

On enlève alors deux ou trois barreaux de la partie centrale des grilles *y*, *y*, de manière à former une ouverture d'une largeur suffisante pour qu'il y passe une certaine fraction de la houille versée par les culbuteurs supérieurs, et celle-ci tombe ainsi directement dans le wagon situé sous la trémie de ces grilles. Les deux tourneurs, placés en avant de ces dernières, modèrent la vitesse de descente de la houille, en posant leurs râteaux en tête de l'ouverture dont il vient d'être question, pour la laisser couler graduellement. Il en résulte qu'une certaine quantité de gaillettes et de gailleteries est forcée de descendre, par côtés, jusque sur les grilles *z*, *z*, où on en retire les proportions calculées à l'avance, en les chargeant immédiatement dans les wagons affectés à cette destination. Le reste est ensuite repoussé au râteau, en avant, vers l'ouverture centrale des grilles *y*, *y*, par laquelle il tombe à son tour dans le wagon inférieur.

On conçoit qu'en agissant ainsi, on n'obtienne pas rigoureusement, dans la composition du tout-venant, les proportions de gaillettes, gailleteries et fines qu'on aurait eues par un mélange direct fait au lieu de dépôt; mais on arrive toujours à une approximation suffisante pour les exigences du commerce. Il suffit pour cela d'un peu de pratique intelligente, de la part du surveillant et des ouvriers préposés au triage de la houille.

On voit que, lorsqu'on produit, par le triage de la houille, des gaillettes et des gailleteries, ces deux qualités sont chargées dans des wagons placés à la file sur la même voie ferrée; de telle sorte qu'il y a toujours un wagon en chargement de gailleteries, entre deux wagons en chargement de gaillettes. Or, comme

il est très-rare que la houille sortant de la mine contienne deux fois autant de gaillettes que de gailleteries, on conçoit que la disposition de clicage que nous venons de mentionner serait un grand obstacle à l'exécution des manœuvres des wagons en chargement, si l'on n'avait pas recours à un artifice particulier, dans le mode de chargement de ces deux sortes de qualités, en se servant de wagons situés à la file sur la même voie. Il consiste à ne charger, qu'en partie, le wagon de gaillettes qui correspond à l'ouverture G située vers la tête de la voie ferrée, et à en compléter ensuite le chargement par la seconde ouverture G, sous laquelle on le fait filer à la suite du wagon à gailleteries, aussitôt que celui-ci est empli. Cette manière d'opérer rend les manœuvres très-simples, et n'entrave nullement la circulation des wagons sous le clicage.

Personnel employé au triage de la houille.

Pour trier complétement la houille à la sortie de la mine, c'est-à-dire pour la diviser en gaillettes, gailleteries et fines, et faire toutes les manœuvres des recettes, on emploie 20 tourneurs, savoir :

4 pour recevoir les chariots, les envoyer d'une recette à l'autre, et les décharger à l'aide des culbuteurs supérieurs.

2 affectés au même travail, mais se reposant pendant la marche des premiers.

2 armés de rateaux, en avant des grilles de séparation, et opérant la séparation des gaillettes et des gailleteries.

2 affectés à la même destination et se reposant également pendant le travail des précédents.

2 placés dans l'intérieur des wagons en chargement de gaillettes.

2 pour amener les gaillettes du bord des grilles horizontales aux précédents.

6 placés sous le clicage pour y faire les manœuvres des wagons en circulation, et égaliser convenablement, à l'escoupe, la tête des chargements de gailleteries et de fines, de manière à éviter qu'il s'en perde dans le trajet du *dommage* (halde du puits) au point d'embarquement. Ces 20 ouvriers, mis en œuvre pour une extraction de 3.000 à 3.500 hectolitres de houille, sont payés à raison de 2f,25 chacun et coûtent, par conséquent, 45f,00 par journée de travail.

Lorsqu'au lieu de diviser la houille en trois qualités, sous le rapport de la grosseur des fragments, on se borne à la charger dans les grands wagons de la surface, *telle* qu'elle sort de la mine, en la faisant néanmoins passer par-dessus les grilles inclinées, pour en rendre le nettoyage plus facile, on emploie 16 tourneurs, tant pour le service des recettes, que pour celui du clicage. Ces 16 ouvriers sont distribués comme suit :

4 faisant le service des deux recettes.

2 au repos pendant la durée du travail des précédents.

2 au bas des grilles de séparation pour modérer la vitesse de descente de la houille par l'ouverture centrale des grilles inclinées, et pour faire passer par cette ouverture, à l'aide des rateaux dont ils sont armés, les fragments de houille qui descendent jusqu'aux grilles horizontales.

2 affectés au même service, mais se reposant pendant la durée du travail des premiers.

4 sous le clicage pour manœuvrer les wagons en circulation, et égaliser, à l'escoupe, la tête des chargements.

Et 2 affectés à la même destination, mais se reposant pendant la durée du travail des premiers.

Ces 16 ouvriers, payés également à raison de 2f,25 chacun, coûtent 36f,00 par journée de travail.

Frais de service annuel des culbuteurs.

Pendant l'exercice 1853-1854, les frais d'entretien et de réparations des culbuteurs des deux recettes se sont élevés à 221f,87, savoir :

	fr.
Réparations.	211,87
Consommation de 10 kilogrammes d'huile à 1f,00 pour graissage.	10,00
Total.	221,87

Frais d'entretien et de service annuels des grilles, trémies et du clicage proprement dit.

Pendant l'exercice 1853-1854, les frais d'entretien et de réparations des grilles, trémies et accessoires, et du clicage proprement dit se sont élevés à la somme de 1190f,03.

Frais de premier établissement des recettes de la surface.

Les frais de premier établissement des deux recettes de l'embouchure du puits se sont élevés à 868f,94 répartis comme suit, savoir :

	fr.
26 plaques en fonte de 0m,015 d'épaisseur pour les planchers, pesant 3.922 kilogrammes à 0f,17 l'un. .	666,74
Poutrelles des planchers.	54,60
Escalier en bois pour mettre en communication les deux recettes.	50,00
Main-d'œuvre.	97,60
Total.	868,94

Frais de premier établissement des quatre culbuteurs.

Les quatre culbuteurs placés aux deux recettes ont coûté, en frais de premier établissement, 428f,55 répartis comme suit, savoir :

	fr.
8 paliers et 8 étriers en fonte, pesant 255 kilogrammes à 0f,30 l'un.	76,50
8 tourillons en fer forgé, pesant 24 kilogrammes à 0f,80 l'un.	19,20
8 joues en fer forgé, pesant 192 kilogrammes à 0f,40 l'un.	76,80
8 buttoirs en fer forgé, pesant 48 kilogramm. à 0f,40 l'un.	19,20
Bois.	93,40
Main-d'œuvre de confection et de pose.	125,60
Total.	428,55

Les frais de premier établissement des grilles de séparation, de leurs trémies et du plancher de clicage, avec ses ouvertures pour le passage des gaillettes, gailleteries et fines, se sont élevés à 1.616f,39 répartis comme suit, savoir : Frais de premier établissement des grilles, trémies et du plancher de clicage.

	fr.
44 barreaux de grilles de 0m,028 d'épaisseur, pesant 1.575 kil. à 0f,20 l'un.	315,00
2 grilles horizontales en fer forgé, pesant 167 kil. à 0f,40 l'un.	66,80
Trémies, châssis et plancher.	1.234,59
Total.	1.616,39

Le hangar de clicage, supporté par 12 colonnes en *fonte* de 2 mètres de hauteur, a dû être construit en entier, l'ancien atelier de triage n'ayant pu être utilisé d'aucune façon. Frais de premier établissement du hangar de clicage.

Il a coûté en frais de premier établissement 1858f,86 répartis comme suit, savoir :

	fr.
Charpente et façades en planches.	1.071,46
Ancrages pour la charpente.	87,75
72 boulons pour la charpente.	39,90
12 colonnes en fonte, pesant 1.885 kil. à 0f,20 l'un. .	377,00
8 châssis de fenêtres en fonte, pesant 195 kil. à 0f,25 l'un.	48,75
98 carreaux à 0f,40 l'un.	39,20
Latteaux et clous pour la toiture.	30.00
2.060 pannes vernissées à 0f,08 l'une, pose comprise.	164,80
Total.	1.858,86

La machine d'extraction du puits n° 8 est une ancienne machine à balancier qui, à l'origine, marchait à basse pression et qu'on a transformée depuis lors, en machine à haute pression. Le diamètre intérieur de son cylindre est de 0m,51 et la course de son piston, de 1m,40. Machine d'extraction.

Elle transmet son mouvement à l'arbre des bobines des câbles d'extraction, à l'aide de deux roues d'engre-

nage ayant un rapport de diamètres de 5 à 1. Le nombre moyen de ses impulsions s'élève de 44 à 45 par minute, et la pression effective de la vapeur dans ses générateurs varie de 3 à 3 1/2 atmosphères.

Elle élève ainsi, de la profondeur de 355 mètres, une cage de quatre chariots renfermant de 16 à 17 hectolitres de houille du poids de 1.400 kil., en 3'.15", 3'.20", et quelquefois 3'.30". Quant à la durée des manœuvres de réception des cages à la surface, nous avons vu qu'elle était d'environ 20".

Cette machine extrait, du fond de la mine à la surface, de 3 à 3.500 hectolitres de houille en douze ou treize heures de marche, et c'est là un travail maximum que la puissance de ses organes ne lui permet guère de dépasser. Si l'on pouvait lui imprimer une vitesse plus considérable, on atteindrait certainement, avec les engins d'extraction que nous avons décrits, une vitesse d'ascension de 2^{m},30 par seconde, au lieu de la vitesse actuelle de 1^{m},80, et on pourrait facilement extraire, par le puits n° 8, de 4 à 4.500 hectolitres de houille en douze heures, malgré la petitesse de sa section ; car je me suis assuré qu'en ne chargeant les cages d'extraction que du poids de deux chariots pleins, on pouvait facilement les amener au jour en deux minutes et demie.

Mais, en dehors de la faible puissance des organes de la machine, un grand obstacle s'oppose à l'obtention d'une vitesse d'ascension plus grande : c'est la faible puissance de vaporisation de ses générateurs, qui ne sont qu'au nombre de deux ayant 1^{m},60 de diamètre et 12 mètres de longueur. Aussi, brûlent-ils jusqu'à 11 et 12 kil. de houille Flénu, par force de cheval et par heure.

La machine du puits n° 8 n'offre rien de remarquable,

si ce n'est un mouvement très-simple adapté, il y a quelques années. Il est représenté par la *fig.* 8, Pl. VI.

La coulisse IJ à double joue porte latéralement un petit tourillon mobile autour du point K. Elle est munie d'une branche verticale SG, terminée par un œillet allongé dans lequel est calé le bouton H qui forme l'extrémité de la barre HQ de l'excentrique R. La tige de tiroir N du cylindre à vapeur Y est liée à la coulisse par le système de leviers articulés PM, ML, LF, dont le dernier est muni, à son extrémité inférieure, d'un bouton F logé dans l'intérieur de la coulisse IJ et sur lequel est enfilé l'œillet qui termine la tringle FC, suspendue par son autre extrémité au bouton que porte l'extrémité inférieure du levier AC, mobile autour de l'axe B. Le secteur creux et fixe DE, dans l'intérieur duquel se meut le levier ABC, présente, à sa circonférence, plusieurs encoches dans lesquelles vient s'en-*clancher* le verrou z du levier ABC, et qui servent à la fois de points d'arrêt à ce levier, et d'indication du dégré de course donné au tiroir, par suite de la position qu'occupe ce levier.

On voit que lorsque le levier ABC occupe la position verticale, le coulisseau F restant fixé au milieu de la coulisse, le levier ML conserve sa position horizontale, et le tiroir demeure immobile, en fermant complétement les lumières d'admission du cylindre. Par conséquent, la machine reste forcément au repos. Quand le levier ABC est, au contraire, obliqué en avant, le coulisseau F, ramené en arrière du centre de la coulisse IJ, abaisse l'extrémité L du levier ML, relève par cela même l'autre extrémité M et, par suite, le tiroir d'admission qui, découvrant alors la lumière inférieure du cylindre, permet à la vapeur d'affluer sous le piston et de produire la marche en avant de la machine. Enfin,

quand le levier ABC est obliqué en arrière, le contraire a lieu par l'abaissement de l'extrémité M du levier ML. La lumière supérieure du cylindre se trouvant alors à découvert, la vapeur arrive sur le piston et produit, par suite, la marche en arrière de la machine.

Cette application simple et ingénieuse de la coulisse de Stéphenson au mouvement de la machine du puits n° 8, est due à notre chef-mécanicien M. B. Deschamp. C'est, je pense, la première machine d'extraction des charbonnages du couchant de Mons, où on ait fait usage de la coulisse de Stéphenson pour produire les changements de marche; car la construction que nous venons de décrire remonte à l'année 1849.

Pour terminer ce qui a rapport à cette machine, nous nous bornerons à mentionner le frein très-simple que nous avons fait monter récemment sur l'arbre des bobines, et qui a l'avantage d'être à la fois d'une grande légèreté, et de pouvoir se manœuvrer très-facilement. Il est composé de deux estomacs en fonte juxta-posés, semblables aux estomacs de bobines, et dans les rainures desquels sont logés de doubles bras en bois de chêne, boulonnés les uns contre les autres et supportant à leur extrémité une couronne convexe en tôle, à laquelle ils sont fixés par des équerres en fer. Cette couronne est embrassée par une mâchoire en bois à face interne concave, et qui est formée de deux branches A, A (*fig.* 9 et 14, Pl. VI), cerclées extérieurement par deux bandes de fer. Celles-ci, liées par articulations aux points fixes B, B, sont réunies à leur autre extrémité par le système de leviers articulés CD, DE, EF' dont l'un DE est mobile autour de l'axe fixe F. Ce même axe porte un long levier FG auquel est attaché le poids P, et qui est suspendu lui-même, par son extrémité, à une corde

passant sur les gorges de deux petites moufles M, M et d'une petite poulie de renvoi R (*fig.* 14), et qui vient ensuite s'enrouler autour d'un petit treuil T. Ce treuil T est muni d'un petit volant dans l'épaisseur de la jante duquel s'engage un loquet ou verrou L qui lui sert d'arrêt, et que peut décrocher facilement le machiniste à l'aide de la corde SQIJ, terminée par une poignée mise à portée de sa main. La manœuvre de ce frein est, comme on le voit, très-facile à opérer, puisqu'il suffit de décrocher le loquet L du volant V, pour laisser libre l'extrémité G du levier GF sur laquelle agit alors le poids P, en fermant les mâchoires A, A. Pour les ouvrir ensuite, il suffit d'enrouler, à la main, la corde MNRT autour du treuil T, à l'aide du volant V, et d'introduire ensuite le loquet L dans l'un des trous de la jante de ce volant.

Câbles d'extraction.

Les câbles dont on fait usage au puits n° 8, pour l'extraction de la houille, sont en aloès goudronné, d'une longueur totale de 423^{m},53, y compris la partie qui forme le noyau des bobines. Ce sont des câbles plats, à six aussières de trois torons chacune, réunies par une couture simple. Ils sont composés de trois parties de sections différentes ayant respectivement, à partir de l'estomac des bobines jusqu'au fond du puits, les longueurs de 158^{m},82, 141^{m},18 et 124^{m},70. Ces trois parties forment un câble à section décroissante de la manière suivante :

		mèt.		mèt.	
1re partie	de	0,17	de largeur sur	0,0377	d'épaisseur.
2^{e}	—	0,16	—	0,0354	—
3^{e}	—	0,15	—	0,0333	—

Ces trois sections sont celles que possède le câble, à la sortie de la fabrique ; mais elles ne tardent pas à diminuer par l'effet de l'allongement qu'il prend, sous l'influence du poids élevé et du sien propre. On peut

évaluer cet allongement à environ 4 p. 100 de la longueur totale du câble déroulé.

Les torons de la première partie, dite du *relevage*, sont composés de 27 fils de caret de 0m,002 à 0m,003 de diamètre ; ceux de la seconde, de 25 fils, et ceux de la troisième, de 22 fils. La première partie renferme donc 486 fils de caret, la seconde, 450 et la troisième, 396.

Le poids total de chacun des deux câbles est de 2.290 kil. et, par conséquent, le poids moyen par mètre courant, de 5k.47. Ils coûtent actuellement 1f.70 par kilogramme.

La proportion d'aloès blanc qui entre dans ces câbles peut être évaluée à 85 p. 100 de leur poids, et celle de goudron à 15 p. 100. Celui-ci est du goudron de Stockholm, préférable à celui d'Archangel, parce qu'il imbibe mieux les fils, se durcit moins vite et n'abandonne pas aussi facilement le câble, dans le frottement de celui-ci sur la gorge de la molette, sous l'action de la pression exercée par la charge.

Ces câbles sont confectionnés, à Hornu, dans la belle corderie anglaise de MM. De Mot et Cie. C'est à son habile directeur, M. A. De Mot, qu'on doit l'idée et le mode de fabrication des câbles plats à section décroissante, dont l'usage se généralise de plus en plus, et qui ont l'avantage de présenter une durée plus grande que celle des câbles à section constante pour le même poids de matières employées, puisque leurs différentes parties fatiguent uniformément, les sections décroissant à peu près comme la charge qu'elles supportent.

Les deux câbles du puits n° 8, dont nous venons d'indiquer la composition, et qui fonctionnent dans un puits humide par lequel l'air atmosphérique descend dans la mine, ont une durée variable suivant leur mode d'enroulement autour du noyau de la bobine, c'est-

à-dire selon qu'il a lieu par-dessus ou par-dessous; elle est plus grande dans le premier cas que dans le second, c'est-à-dire pour le câble supérieur, appelé *câble d'en-dessus*. que pour le câble inférieur qui porte le nom de *câble d'en dessous*. On conçoit, en effet, qu'il doit en être ainsi, puisque ce dernier, pour s'enrouler sur sa bobine, doit subir une inflexion en sens contraire de celle qui a lieu sur la molette, tandis que l'inflexion de l'autre câble se produit dans le même sens, dans les deux cas. Les fibres de celui-ci éprouvent donc une fatigue moindre que ceux du câble d'en dessous. Aussi, sa durée de fonctionnement, pour le même travail, est-elle de 22 3/13 mois, quand elle n'est que de 10 mois pour le dernier. Voici, du reste, le travail produit par deux câbles semblables aux précédents, placés sur le puits n° 8, le 28 janvier 1853.

L'un d'eux, le câble d'en dessous, a extrait pendant toute la durée de son fonctionnement :

26.464 1/2 cages à 4 chariots de houille marchande, 1.857 1/2 cages de houille terreuse et 2.871 1/2 cages de terres.

Si on assimile tous ces produits à de la houille, et qu'on adopte pour chiffre de travail journalier des deux cables le même que celui sur lequel on est dans l'habitude de se baser, au couchant de Mons, pour l'évaluation et la durée de fonctionnement des câbles, c'est-à-dire dix douzaines de vases d'extraction, soit 120 cuffats ou 120 cages par journée de 12 heures, on trouve que le câble dont il vient d'être question ayant extrait 26.464 1/2 + 1.857 1/2 + 2.871 1/2 cages de houille, a fait le même travail que s'il eût marché pendant

$$\frac{26.464\ 1/2 + 1.857\ 1/2 + 2.871\ 1/2}{120} \times 2 = 520 \text{ jours},$$

dans un puits par lequel on eût extrait 120 cages de

houille par jour. Le nombre de jours de travail contenus dans un mois étant moyennement de 26, on peut dire que le câble, dans ces conditions, aurait fonctionné pendant 20 mois avant d'être mis hors de service.

L'autre câble, celui d'en dessus, a extrait, avant d'être mis hors d'usage, 30.027 1/2 cages de houille marchande, 2.034 1/2 cages de houille terreuse (chauffours), 3.232 cages de terres et 29 cages d'objets divers. Si on effectue pour ce câble les mêmes calculs que pour le précédent, en partant des mêmes bases, on trouve qu'il a fait le même travail que s'il eût fonctionné pendant 22 3/13 mois dans un puits par lequel on aurait extrait 120 cages de houille par journée de 12 heures. La durée de fonctionnement du cable d'en dessous est donc seulement les 0,9 de celle du câble d'en dessus pour les mêmes conditions de travail utile produit.

Indépendamment des matières élevées au jour par les deux câbles précédents dont nous venons de donner l'importance, ils ont encore eu chaque jour, pendant toute la durée de leur marche, à sortir de la mine de 380 à 400 ouvriers, dont le poids moyen peut être évalué à 50 kilogrammes. Or, comme on en peut monter 8 à la fois, représentant environ le tiers du poids de celui d'une cage de houille, le travail total produit par l'ascension de tous ces ouvriers correspond à peu près à l'extraction de 16 cages de houille par jour, ou de 8 par chacun des deux câbles, c'est-à-dire à environ 13,3 p. 100 de l'extraction totale de la houille.

En augmentant alors les chiffres précédents de cette quantité, on trouve que les deux câbles ont réellement fonctionné, l'un, celui d'en dessous, pendant 22,66 mois, et l'autre, celui d'en dessus, pendant

25,19 mois, en supposant une extraction journalière totale de 120 cages de houille. Leur durée moyenne, dans de pareilles conditions, est donc de 23,92 mois de 26 jours de travail. Si l'on veut avoir le travail utile exact produit par les deux câbles pendant toute la durée de leur fonctionnement, il suffira de multiplier le poids total élevé par la profondeur du puits. Or, ce poids ayant été de 99.872.560 kilogrammes de diverses matières, savoir :

79.088.800	kilogrammes	de houille marchande.
6.495.544	—	de houille terreuse.
9.619.116	—	de terres.
20.300	—	d'objets divers.
4.648.800	—	d'ouvriers,

le travail utile total effectué par les deux câbles pendant toute la durée de leur marche au puits n° 8, a été de $99.872.560^{k} \times 355^{m} = 35.454.758.800^{km}$.

Si, au poids de matières élevées par les deux câbles, on ajoute celui des vases d'extraction, qui a été de 94.982.625 kil. pour

56.492	cages	de houille.
4.906	—	de chauffours.
6.103	—	de terres.
29	—	d'objets divers.
11.622	—	d'ouvriers,

on aura un poids total, élevé au jour par les deux câbles, de 188.918.560 kilogrammes, et un travail total effectué par eux de $188.918.560^{k} \times 355^{m} = 67.066.088.800^{km}$; d'où il suit que le travail utile n'est que les 0,53 environ du travail total, quand on fait usage de cages semblables à celles du puits n° 8.

Le poids de ces deux cables ayant été de $2 \times 2290 = 4580$ kil., et leur prix de $4580 \times 1^{f},70 = 7786^{f},00$, chaque 1.000^{km} de travail utile produit a coûté $0^{f},000219$, et chaque 1.000^{km} de travail total $0^{f},000116$.

Nous avons déjà indiqué que, pendant l'exercice 1853-54 correspondant à 301 journées de travail, on avait extrait, par le puits n° 8, un poids de diverses matières de 95.961.843 kil. Or, comme les deux câbles dont il vient d'être question ont pu extraire 99,872.560k. avant d'être usés, on peut estimer la dépense en câbles du puits n° 8 à $\frac{95.961.843}{99.872.560} \times 7.766^{f},00 = 7.455^{f},36$ par année de travail, le prix des câbles étant de $1^{f},70$ par kilogramme.

Si, au lieu de nous servir du chiffre de 120 cages comme représentant l'extraction journalière opérée par un puits des environs de Mons, nous avions adopté, celui de $95961^{\text{tonnes}},843$ exprimant l'extraction réelle opérée par le puits n° 8, par année de travail, nous aurions trouvé que la durée moyenne de fonctionnement des câbles dont il vient d'être question a réellement été de $\frac{99872,560}{95961,843} = 1,04$ année de 301 journées de travail.

Cette durée eût été plus considérable si, par suite de la faible distance à laquelle les bobines se trouvent situées du puits d'extraction, l'inclinaison des câbles sur les molettes n'était pas aussi grande, puisqu'elle varie de 34 à 37° pour le câble d'en dessous, et de 24 à 27° pour celui d'en dessus. On conçoit, en effet, que plus cette inclinaison est forte, plus la longueur de câble infléchie sur la molette est grande, et, par conséquent, plus longtemps ses divers éléments demeurent dans cette position forcée, puisqu'ils ont à parcourir plus de chemin dans les mêmes conditions. L'élasticité du câble tend donc à se détruire plus rapidement, et sa durée doit être moindre, toutes choses égales d'ailleurs. C'est surtout dans la partie du relevage, partie voisine de la molette au moment du soulèvement de la

charge du fond du puits, que cet effet se manifeste; nous remarquons que les câbles du puits n° 8, sous la même charge s'amincissent plus vite vers ces points que ceux d'un autre de nos puits, le n° 6, où l'inclinaison ne varie, pour le cable d'en dessous, que de 23 à 25°, et pour le câble d'en dessus, seulement de 15 à 18°. Aussi, en adoptant pour unité de travail utile le chiffre de 120 cuffats par jour, avons-nous reconnu que les câbles, au puits n° 6, ont une durée de 2 et même 3 mois plus élevée qu'elle ne l'était au puits n° 8, lorsqu'on y faisait également usage de cuffats.

Les Anglais paraissent avoir si bien compris l'influence pernicieuse d'une trop forte inclinaison sur la durée des câbles que, presque dans toutes les mines les plus importantes des environs de Newcastle et de Sunderland, on n'aperçoit que des machines verticales avec bobines très-élevées. Nous en avons même vu dont les bobines étaient situées tout à fait à la hauteur des molettes, et où l'inclinaison des câbles était, par conséquent, entièrement nulle.

Les molettes du puits n° 8 n'ont que $1^m,96$ de diamètre dans les gorges sur $0^m,21$ de largeur. La faible hauteur du bâtiment qui recouvre le puits, et le rapprochement déjà si considérable de celui-ci de l'arbre des bobines, ne nous ont pas permis d'en employer de plus grandes, qui eussent été de beaucoup préférables, tant parce qu'elles auraient réduit l'importance du travail destiné à vaincre la *roideur des cordages*, que parce qu'en diminuant cet effort elles auraient aussi, par cela même, amoindri d'autant la fatigue des câbles. Molettes.

Le châssis à molettes ne présente rien qui soit digne d'être cité. Sa forme irrégulière et la position relative des molettes sont le résultat de la forme carrée du Châssis à molettes.

niveau, dont l'une des diagonales est parallèle à l'arbre des bobines.

Ancien mode d'extraction par cuffats.

Maintenant que nous avons décrit à peu près tout ce qui est relatif à la nouvelle installation du puits n° 8, nous croyons utile, pour rendre claires les comparaisons que nous nous proposons d'établir entre ce nouveau système d'extraction et de triage de la houille, et celui qu'il a remplacé, d'expliquer en quelques mots la manière dont celui-ci fonctionnait, et de donner la distribution du personnel que son service réclamait.

Description du mode d'extraction par cuffats.

L'ancien mode d'extraction usité au puits n° 8, avant l'établissement des cages dont il vient d'être question, consistait dans l'emploi de cuffats ou tonneaux composés de douves en orme de $0^m,025$ d'épaisseur, $2^m,28$ de profondeur, $0^m,93$ de diamètre à la gueule, $1^m,16$ au ventre, et pesant 362 kil. Leur contenance était de 20 hectolitres; par conséquent leur poids à charge s'élevait à 2.062 kil., celui de la houille contenue étant de 1.700 kil., et la profondeur à laquelle avait lieu l'extraction de 290 mètres, à l'époque où ils étaient encore usités.

Manœuvres du fond du puits.

A leur arrivée au bas du puits, les cuffats étaient déposés sur un retrait de l'extrémité antérieure de la place d'accrochage, leur gueule arasant, dans cette position, le plancher de recette.

Il y en avait toujours un dans cette position, qu'on emplissait pendant la marche de l'extraction en y vidant la houille contenue dans les chariots amenés sur la place d'accrochage. A l'arrivée d'un nouveau cuffat vide au fond du puits, les hommes de recette (chargeurs aux cuffats) l'attiraient à eux à l'aide d'un crochet, en le forçant à s'asseoir à côté du précédent, se trouvant alors entièrement chargé comble; puis après avoir décroché la chaîne d'extraction des chaînettes du

premier, l'accrochaient à celles du second, et guidaient ensuite, avec leur crochet, celui-ci à son départ du fond du puits, pour l'empêcher de venir heurter la paroi opposée à l'entrée de l'accrochage. Le cuffat vide, nouvellement arrivé au bord de l'accrochage, était empli à son tour, et la même série d'opérations continuait à avoir lieu pour les suivants.

Les hommes employés au chargement des cuffats, à l'accrochage, étaient au nombre de 4, travaillant alternativement deux à deux, pour une extraction de 2.800 à 3.000 hectolitres de houille en 12 à 13 heures de marche. Le prix de leur journée s'élevait, pour chacun d'eux, à 3f,50. Le chargement total coûtait donc en salaires 14 francs par jour.

Manœuvres à l'arrivée au jour.

A son arrivée au-dessus de l'embouchure du puits, le cuffat plein était reçu par deux filles (moulineuses) qui l'attiraient à elles, en le saisissant par le fond, et le forçaient à descendre, par suite du changement de marche imprimé à la machine, sur une pièce de bois transversale, appelée *soulier*, qu'elles avaient préalablement poussée avec le pied, au-dessus de l'orifice du puits, au moment de la sortie du cuffat. Celui-ci, poussé alors de la tête à l'aide de longues perches par trois autres filles placées du côté opposé aux moulineuses, à l'autre bord du puits, se renversait en avant, à l'entrée du clicage, sur un bloc de bois échancré et disposé pour le recevoir. La chaîne du câble était ensuite décrochée de l'anneau des chaînettes du cuffat, et accrochée aux chaînettes de celui qui l'avait précédé et qu'on avait préalablement attiré par côtés, aussitôt son déchargement opéré, pour ne pas entraver la réception du dernier arrivé. Puis le signal de remise en marche étant donné au machiniste par l'une des moulineuses, après avoir ramené en arrière le soulier qui bouchait une

partie de l'orifice du puits, le cuffat vide était envoyé de nouveau dans la mine, et ainsi de suite pour les autres.

Le déchargement du cuffat plein, renversé à l'entrée du clicage, était effectué pendant la durée de l'ascension suivante à l'aide d'un petit treuil qu'on embrayait à volonté sur l'extrémité de l'arbre des bobines, et autour duquel s'enroulait une chaîne passant sur une poulie de renvoi, et qui servait à soulever le cuffat par le fond muni extérieurement d'un anneau.

Les frais du personnel mis en œuvre pour la réception des cuffats à la surface se bornaient au salaire des deux moulineuses dont il a été question, et qui étaient payées chacune à raison de 1f,10 par jour, les trois pousseuses appartenant à celles des filles employées au triage de la houille qui se trouvaient momentanément au repos, et le mécanisme servant à vider les cuffats étant manœuvré par le machiniste même, au moyen de chaînes et de tringles de renvoi mises à portée de sa main.

Triage de la houille. La disposition de la recette de la surface par rapport au puits d'extraction P et au châssis à molettes X, X, X, X, et la forme du clicage proprement dit sont représentées, en plan, coupe et élévation (*fig.* 10 et 11, Pl. VI).

Le cuffat, à sa sortie du puits, était déchargé à l'entrée du clicage en A, et quatre filles, armées de pelles ou escoupes, jetaient la houille de moyenne grosseur (gailleteries) et le menu (fines), par les ouvertures B, B, snr les grilles C, C de séparation établies latéralement, pendant qu'une cinquième, placée en avant du tas et munie d'un rateau à dents de fer, poussait la grosse houille (gaillettes) vers le bas du plan incliné G, où elle était saisie par deux tourneurs montés sur le plancher F, qui la déposaient ensuite dans un wagon J

amené par un embranchement de voie ferrée en face du clicage.

Les gailleteries, séparées des fines par les grilles C, C, étaient poussées au râteau par un tourneur placé sur chacune de celles-ci, vers le bas du plan incliné formé par les secondes grilles D, D, qui en enlevaient encore le peu de fines échappées aux vides des grilles C, C. Elles étaient ensuite ramassées à l'escoupe par deux tourneurs placés en E, E, et chargées dans les wagons I, I, situés par derrière, de chaque côté du wagon en chargement de gaillettes dont il vient d'être question.

Quant aux fines passant par les vides ménagés entre les barreaux des grilles de séparation, elles s'amoncelaient sous celles-ci en L, et étaient chargées à l'escoupe par deux tourneurs, de chaque côté du clicage, dans le wagon H, amené en face du tas L au moyen d'un petit embranchement latéral de voie ferrée et d'une plate-forme tournante K.

Des enfants, distribués à droite et à gauche sur les grilles D, D, et en avant des tas de fines L, L, ramassaient les pierres et les mauvais charbons mélangés à la houille, et les emportaient sur le dommage (halde du puits) dans de petites mannes en osier.

En A, existait, dans le plancher du clicage, une ouverture, fermée entièrement pendant le jour, et débouchée par nuit, pour vider les cuffats de terres dans un grand wagon amené par dessous, sur un embranchement *yz* de voie ferrée.

Dans le principe, on se servait de cette ouverture pour décharger directement les cuffats de houille dans les wagons inférieurs, quand on faisait des forges gailleteuses (tout-venant); mais la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité de nettoyer le charbon dont les surfaces se renouvelaient incessamment, et la nécessité de

retirer souvent du tout-venant une certaine proportion de gaillettes, gailleteries ou fines, pour avoir un mélange tel que le commerce l'exigeait, y ont fait complétement renoncer. On a continué alors, pour ce cas, à se servir du clicage, comme lorsqu'il s'agissait de diviser complétement la houille sortant de la mine.

Lorsque la houille devait être envoyée au lieu de dépôt, sans en retirer aucun élément, les filles se bornaient à la jeter, à l'escoupe, de chaque côté, par les ouvertures B, B, sur les grilles de séparation dont on avait démonté préalablement quelques barreaux, ainsi que sur le plancher incliné G, en l'éparpillant de cette façon sur trois points, pour en rendre le nettoyage facile, et six tourneurs la chargeaient ensuite dans les wagons J et H, H amenés en face de chaque tas. Quand, au contraire, on devait en retirer une certaine proportion d'un ou de plusieurs de ses éléments, on affectait un des côtés du clicage à cette division, en laissant ses grilles intactes, tandis qu'on jetait le reste en avant et de l'autre côté, comme nous venons de l'indiquer.

Dans tous les cas, le service du clicage était opéré par 10 filles travaillant alternativement au nombre de 5 à la fois, et gagnant chacune 1 franc par jour.

Quant au nombre de tourneurs employés, il variait suivant qu'il s'agissait de diviser la houille en trois qualités, à sa sortie de la mine, ou de faire simplement du tout-venant, sans retrait d'aucun élément. Dans le premier cas, on en employait 16, par journée de douze à 13 heures, gagnant 2f.25 chacun. Ils étaient distribués comme suit :

2 employés au chargement des gaillettes.

2 id. id. des gailleteries.

2 placés sur les grilles horizontales pour attirer et

pousser les gailleteries vers le bas des grilles inclinées.

6 employés au chargement des fines.

4 se reposant et chargés pendant ce temps d'aider les 4 premiers à la manœuvre des wagons, sur les embranchements de voie ferrée.

Le triage de la houille coûtait donc, dans ce cas, 46 francs par jour, savoir :

	fr.
Pour 10 filles à 1f,00	10,00
Pour 16 tourneurs à 2f,25	36,00
Total	46,00

Nous avons vu précédemment que la réception des cuffats à l'embouchure du puits coûtait, en salaires, 2f,20 par jour. Par conséquent, le personnel total employé, tant pour la réception des vases d'extraction, que pour le triage de la houille, causait une dépense journalière de 48f,20.

Dans le second cas, c'est-à-dire quand on se bornait à faire du tout-venant, tel qu'il sortait de la mine, les tourneurs étaient au nombre de 12, distribués comme suit :

2 placés en avant du clicage pour le chargement des wagons.

6 placés sur les côtés du clicage pour le chargement des wagons et 4 au repos, mais aidant les premiers à la manœuvre des wagons, pour amener ceux-ci à la place de chargement et les reconduire ensuite à la voie principale du chemin de fer.

Dans ce cas, la réception des cuffats et le triage de la houille coûtaient 39f,20 par jonr, savoir :

	fr.
Pour 2 moulineuses à 1f,10	2,20
Pour 10 filles de clicage à 1f,00	10,00
Pour 12 tourneurs à 2f,25	27,00
Total	39,29

Comparaison des deux modes d'extraction et de triage de la houille du puits n° 8.

La description des deux systèmes d'extraction et de triage que nous venons de donner nous permet de les comparer sous le rapport des avantages et des inconvénients relatifs qu'ils présentent, en mettant en présence les divers éléments analogues qui les constituent l'ensemble, à l'exception de ceux dont les frais de service ont été les mêmes, dans les deux cas.

Pour établir notre comparaison, nous prendrons pour base l'extraction opérée pendant l'exercice 1853-54, telle qu'elle est mentionnée page 33, et qui a fourni 781,548 hectolitres de houille marchande, dont les prix de vente, à cette époque étaient par hectolitre :

Pour les gaillettes, de.	1f,70
Pour les gailleteries, de.	1f,65
Pour la houille pierreuse en blocs (reffles), de.	1f,25
Pour les fines, de.	0f,90

Cela posé, nous allons successivement passer en revue, pour les deux systèmes, les frais d'entretien des vases d'extraction, le service des recettes du fond et du jour, en y comprenant les frais d'entretien des engins qui en dépendent, la durée relative des câbles d'extraction et les dépenses annuelles qu'ils occasionnent, les frais de personnel employé au triage de la houille, et les avantages relatifs qui peuvent résulter du meilleur mode de conservation de la houille en gros fragments (gaillettes et gailleteries).

Pendant l'exercice 1853-54, l'entretien et les réparations de cages, au puits n° 8, ont coûté 980f,35.

Entretien annuel des vases d'extraction.

En 1844-45, dernier exercice pendant lequel les cuffats y ont fonctionné, leurs frais d'entretien et de réparations se sont élevés à 4026f,49, pour un chiffre d'extraction très-approximativement le même que celui de l'exercice 1853-54. L'avantage que présente le nouveau système sur l'ancien est donc, pour ce service, de 3.046f,14.

Dans les chiffres qui précèdent, on n'a tenu aucun compte de l'entretien des chariots du fond ; car bien qu'il y en ait toujours douze de plus employés avec le nouveau système qu'avec l'ancien, puisqu'il y en a constamment huit en circulation dans le puits et quatre en déchargement à la surface, la dépense en réparations n'en est pas plus importante pour cela. Elle doit même être plus faible dans le premier cas, si on considère que, lorsqu'on faisait usage de l'autre mode, les roues des chariots étaient sujettes à se casser et à se détériorer beaucoup plus rapidement, les chariots étant, le plus souvent, rejetés en arrière sur les planchers d'accrochages, sans précautions, après avoir été vidés dans les cuffats.

Entretien du puits d'extraction.

Nous avons vu plus haut que l'entretien annuel du puits n° 8, depuis qu'on y fait usage de cages pour l'extraction de la houille, coûte 521f,53. Cette dépense s'élevait à 1.080f,99 quand on se servait de cuffats, bien qu'à cette époque la profondeur ne dépassât pas 290 mètres, tandis qu'elle est actuellement de 355 mètres. Le nouveau système d'extraction a donc permis de réaliser, de ce chef, une économie annuelle de 559f,46.

Frais de service des recettes du fond du puits.

Nous avons vu également que les frais de service et d'entretien annuels des appareils de réception du fond du puits s'étaient élevés, pendant l'exercice 1853—54, à 3.114f,90. Pour obtenir le même chiffre d'extraction de matières de diverses natures que celui mentionné page 33, on aurait dû, en faisant usage de cuffats, employer constamment à l'accrochage quatre chargeurs de jour à 3f,50 et deux chargeurs de nuit, au même prix. Or, comme la durée totale de l'extraction aurait également été de 301 jours de 24 heures, on eût dépensé, pendant ce temps, pour le service des accrochages, une somme de 6.216f,00, savoir :

	fr.
Pour 1.184 journées de chargeurs de jour à 3f,50. .	4.144,00
Et pour 592 — — de nuit à 3f,50. .	2.072,00
Total.	6.216,00

Le nouveau système d'extraction coûte donc 3.101f,10 de moins que l'ancien, pour le service des recettes du fond.

Frais de service annuel des recettes de la surface et des engins qu'elles possèdent.

	fr.
L'entretien des appareils à taquets de l'embouchure du puits coûte annuellement.	16,00
Celui l'appareil élévateur.	607,99
Les réparations des culbuteurs.	221,87
L'ensemble des frais dus à la réception des cages et des chariots à la surface est donc, pour le nouveau système et par année de travail, de	845,86

Dans l'ancien système on ne faisait usage, pour la réception des cuffats, que d'une pièce de bois *soulier* qu'on faisait voyager à volonté au-dessus du puits d'extraction, et d'une autre pièce plus petite, échancrée, sur laquelle les cuffats étaient culbutés, à l'entrée du clicage. Le renouvellement de ces pièces occasionnait une dépense annuelle de. . . . fr. 94,32

Les dégats que les cuffats produisaient dans le boisage, formant la garniture de l'orifice du puits, nécessitaient des réparations dont l'importance s'élevait annuellement à.	326,84
Le renouvellement fréquent du plancher, en forts madriers, sur lequel le charbon tombait, à sa sortie des cuffats, occasionnait une dépense annuelle de.	466,86
Enfin, l'entretien et le graissage de l'appareil employé pour vider les cuffats coûtait.	118,56
La réception des cuffats, à la surface, coûtait donc annuellement	1.006,58

Par conséquent, le nouveau système présente, à cet

égard, un avantage sur l'ancien qu'on peut évaluer, annuellement, à 160^{f}, 72.

Quant aux frais d'entretien des grilles de séparation et de clicage proprement dit, nous n'en parlerons pas, attendu qu'ils sont à peu près les mêmes pour les deux systèmes.

Les mêmes considérations s'appliquent également au service de la machine d'extraction.

Dépense annuel en câbles d'extraction.

En 1844, l'extraction de la houille était opérée à la profondeur de 290 mètres, avec cuffats pesant à vide 362 kil., et à charge, 2.062 kil., au moyen de câbles plats en aloès goudronné provenant des corderies anglaises d'Hornu, et ayant 362^{m},56 de longueur, 0^{m},17 de largeur sur 0^{m},04 d'épaisseur. Le poids de chacun d'eux était de 2.149 kil. ; ce qui, au prix de 1^{f},70 par kilogramme, occasionnait, par câble, une dépense de 3.653^{f},30. L'un des derniers ayant fonctionné alternativement comme câble d'en-dessus, puis comme câble d'en-dessous, pendant le même temps, représente à peu près les conditions moyennes de durée, à cette époque.

Il a extrait 45.828 cuffats de houille et de matières diverses ou un poids utile de 79.660.492^{k} Son travail utile a donc été de 79.660.492$^{k}\times$290^{m}= 23.101.542.680^{km}. Par conséquent, le prix de chaque 1.000^{km} de travail utile a été de 0^{f},000.158 (*).

---

(1) A côté du câble précédent, on en a fait fonctionner un dans les mêmes conditions, mais fabriqué à la main par un cordier du pays, afin de les comparer sous le rapport du travail utile produit. Ce dernier était également en aloès goudronné, à six aussières, de 363^{m},38 de longueur, 0^{m},17 de largeur et 0^{m},035 à 0^{m},04 d'épaisseur. Son poids était de 2.020 kil., et son prix, de 2.020 $\times$ 1^{f},70 = 3.434^{f},00.

Il a extrait, pendant toute la durée de son fonctionnement : 37.680 cuffats de houille et de matières diverses pesant 64.891.870 kil. Son travail utile a donc été de 64.891.870^{k} $\times$

Quant au travail total produit par le câble, en tenant compte du poids mort élevé à chaque ascension, il a été de $(45.828 \times 362^{k} + 79.660.492^{k})\,290^{m} = 27.912.566.100^{km}$ et le prix de 1.000^{km}, de $0^{f},000.132$. Si nous comparons ces résultats à ceux de la page 209, nous reconnaîtrons que chaque 1.000^{km} de travail utile, dans le nouveau système d'extraction, coûte $0^{f}.000.061$ de plus qu'avec l'ancien. Or, comme le travail utile produit annuellement par les deux câbles du puits n° 8, depuis qu'on y fait usage de cages, est de $35.454.758.800^{km}$, il s'en suit qu'on y dépense en câbles, $35.454.758,8 \times 0,000.061 = 2.162^{f},74$ de plus que lorsque l'extraction y avait lieu par cuffats.

Cette grande différence est uniquement due à l'excès considérable de poids mort élevé, par l'emploi des cages ; car si on compare les prix de 1.000^{km} de travail total effectué par les câbles, dans les deux cas, on

---

$290^{m} = 18.818.642.300^{km}$. Par conséquent, le prix de chaque 1.000^{km} de travail utile a été de $0^{f},000182$. Le prix du travail utile produit par les deux câbles a donc été dans le rapport de 158 à 182, et leur durée relative, pour le même travail et le même poids de matières entrant dans leur confection, dans le rapport inverse de 182 à 158. En d'autres termes, on peut dire que la durée d'un câble fabriqué à la main n'est que les $\frac{158}{182}$ ou les 0,87 de celle du même câble fabriqué à la mécanique. Ces résultats n'ont rien, du reste, de surprenant ; car on comprend qu'il est impossible de donner, aux fils de caret et aux torons qui constituent un câble, une tension aussi uniforme dans la fabrication à la main que dans celle où on fait usage de machines pour le commettage de ces fils et de ces torons.

En général, la différence de durée de ces deux sortes de câbles est même plus considérable que celle que nous venons de trouver ; ce qui se conçoit facilement, par suite des soins extrêmes qu'on a dû apporter à la confection du dernier câble, le sachant destiné à fonctionner en présence d'un câble fabriqué à la mécanique.

trouve qu'ils sont entre eux dans le rapport de 132 à 116, c'est-à-dire que le travail total développé dans le premier cas, toutes choses égales d'ailleurs, est même un peu plus élevé que dans le second ; ce qui prouve que, dans les puits où les vases d'extraction sont parfaitement guidés, les câbles doivent durer plus longtemps que dans ceux où ils sont entièrement libres. On comprend, en effet, qu'ils reçoivent infiniment moins de chocs dans le premier cas que dans le second. Les chiffres que nous venons de rapporter montrent également que les câbles à section décroissante qui fonctionnent au puits n° 8, depuis qu'on y fait usage de cages, sont plus avantageux que ceux à section constante qu'on y employait quand on se servait de cuffats, le poids total des matières premières qui entrent dans leur confection étant le même dans les deux cas.

Des chiffres qui précèdent, on doit également conclure que, depuis qu'on fait usage de cages au puits n° 8, la durée des câbles d'extraction a diminué dans le rapport inverse du prix du travail utile produit, ou de 219 à 158, c'est-à-dire qu'elle n'est plus, pour le même chiffre extrait, que les 0,72 environ de ce qu'elle était quand on se servait de cuffats, par suite de l'augmentation de poids mort élevé.

Frais de personnel employé à la surface pour la réception des vases d'extraction et le triage de la houille.

Pendant les 301 jours de travail composant l'exercice 1853-54, le triage de la houille, à la bure n° 8, a eu lieu, soit en séparant complétement les trois qualités, soit en retirant du tout-venant une certaine proportion de ses divers éléments, pendant 107 jours, tandis que les 194 autres jours ont été employés à envoyer le tout-venant au lieu de dépôt, tel qu'il sortait de la mine. Or, nous avons vu, pages 53 et 54, que les frais de personnel s'élevaient à 45 francs par jour, dans le premier cas, et à 36 francs dans le second.

Il en résulte donc que les frais de personnel employé à l'extraction et au triage de la houille, pendant l'exercice 1853-54, se sont élevés à 11.799 francs. Mais nous avons vu également, pages 71 et 72, que si on eût fait usage de cuffats, le personnel, dans le premier cas, eût coûté 46 francs par jour, et dans le second, 39f,20. La réception des cuffats et le triage de la houille auraient donc coûté, pour une extraction semblable à celle de 1853—54, la somme de 12.526f,80. Par conséquent, le nouveau système d'extraction et de triage de la houille coûte annuellement, en personnel de la surface, 727f,80 de moins que l'ancien.

Économie de déchet sur la houille en gros et en moyens fragments.

L'économie la plus considérable, que l'emploi du nouveau mode d'extraction et de triage a permis de réaliser, est celle qui résulte de l'obtention de plus fortes proportions de gaillettes et de gailleteries, en réduisant la casse que subissaient ces qualités, tombant d'une grande hauteur, dans le transvasement de la houille et la chute des cuffats à l'entrée du clicage, avantage d'autant plus marqué que la houille est plus friable.

En 1853, nous avons pu constater, par expérience, l'importance de cette économie de déchet, en déterminant exactement les proportions de gaillettes, de gailleteries et de fines obtenues par l'application des deux modes d'extraction et de triage à des produits tout à fait identiques.

Nous nous sommes servi, à cet effet, du puits n° 8 où l'extraction de la houille est opérée par cages, et d'un autre puits, le n° 7, en communication avec le premier, à la profondeur de 355 mètres, et où l'extraction a encore lieu par cuffats, en envoyant à la surface, tantôt par l'un, ou par l'autre de ces puits, la houille fournie par les chantiers d'abatage du premier.

Pour rendre l'expérience tout à fait concluante, nous les avons fait servir alternativement de jour à autre, pendant quinze jours consécutifs, à l'extraction de toute la houille abattue dans les mêmes tailles des couches Houbarde, Béchet et Belle-et-Bonne ; de sorte que les produits de ces trois couches, provenant des mêmes chantiers d'abatage, devaient être sensiblement les mêmes, au moment où ils étaient chargés dans les chariots servant au transport intérieur.

Nous avons donc pu voir parfaitement l'effet produit, sur la grosse houille et celle de moyenne grosseur, par les nouveaux et les anciens engins d'extraction et de triage.

La couche Houbarde dont la consistance est telle que ses produits, à leur arrivée à la surface, renferment à peu près les proportions de gaillettes, de gailleteries et de fines formant la composition du tout-venant, appelé par le commerce *tout-venant au cinquième*, parce qu'il possède 1/5 de gaillettes, 1/5 de gailleteries et 3/5 de fines, nous a servi à une expérience directe, en isolant complétement son charbon de ceux des autres couches, qui ont été extraits ensemble, à part, sans distinction de provenance.

L'une de ces dernières couches, la Béchet, produisait une houille très-consistante renfermant une grande proportion de gaillettes et de gailleteries, tandis que l'autre, la Belle-et-Bonne, fournissait un charbon composé à peu près, en gaillettes, gailleteries et fines, comme celui d'Houbarde. L'essai dont il vient d'être parlé a porté sur 36.074 hectolitres de houille, dont 14.654 provenant de la couche Houbarde, et 21.420, de Béchet et Belle-et-Bonne.

Voici d'abord les proportions des diverses qualités obtenues dans le premier cas, en opérant alternative-

ment, de jour à autre, l'extraction par les puits nos 7 et 8 :

	Tantièmes pour cent obtenus par l'extraction et le triage exécutés aux puits.	
	N° 7.	N° 8.
Gaillettes	18,57	25,48
Gailleteries	20,18	21,96
Grosses reffles ou houille pierreuse	0,58	0,61
Fines	60,67	51,95

Si on applique à ces diverses proportions les prix de vente de la houille que nous avons indiqués, page 73, tels qu'ils existaient en 1853-54, on trouve que le prix moyen de l'hectolitre de houille amené au jour par cuffats était de 0f,96935, tandis qu'il était de 1f,0449 quand l'extraction avait lieu par cages, eu égard aux plus fortes proportions de gaillettes et de gailleteries qu'il renfermait, dans ce dernier cas. L'économie de déchet de la houille en gros et moyens fragments, que le nouveau système permettait de réaliser sur l'ancien était donc, pour les produits d'Houbarde, de 0f,07595 par hectolitre.

Voici maintenant les rapports obtenus sur les produits des couches Béchet et Belle-et-Bonne, extraits également par les puits nos 7 et 8 :

	Tantièmes pour cent obtenus aux puits.	
	N° 7.	N° 8.
Gaillettes	28,41	31,43
Gailleteries	19,49	22,00
Grosses reffles	0,53	0,45
Fines	51,57	46,12

Si on fait sur ces qualités les mêmes calculs que précédemment, on trouve que le prix de vente de l'hectolitre de houille *tout-venant*, amené au jour par cuffats, était de 1f,0527, et celui de l'hectolitre amené au jour par cages, de 1f,098545. La différence, en faveur des cages, n'est ici que de 0f,04589 par hectolitre ; ce qui

tient évidemment à ce que la houille provenant de la couche Béchet, étant beaucoup plus résistante à la casse que celle de Houbarde, donnait lieu, par cela même, à moins de déchet sur ses gaillettes et ses gailleteries. On voit donc que l'avantage du nouveau système sur l'ancien, relativement à la différence de bris de la houille en gros et en moyens fragments, est d'autant plus grand que le degré de friabilité de celle-ci est plus développé.

En 1853-54, au moment où nous faisions l'essai dont il vient d'être parlé, l'économie de déchet réalisée, sur les produits mélangés des trois couches, était de 0f,058 par *hectolitre*. Mais, comme à cette époque, les chantiers d'exploitation n'avaient encore reçu que très-peu de développement, les effets résultant du tassement du terrain supérieur, sur les fronts de tailles, se faisaient moins sentir qu'aujourd'hui, où la houille des trois couches a une consistance moyenne équivalente à celle que possédait l'Houbarde, pendant toute la durée de l'essai précédent. Dans ces conditions, l'économie de déchet, sur les gaillettes et les gailleteries, qu'a permis de réaliser le nouveau système d'extraction et de triage du *puits n° 8*, se *traduit* donc par une augmentation du prix de vente de 0f,076 par hectolitre. Or, l'extraction opérée par ce puits, pendant l'exercice 1853-54, ayant produit 781.548 hectolitres de houille marchande, il en est résulté une augmentation de recettes de 62523f,84 (1).

(1) Dans tout ce qui précède, nous nous sommes servi, à dessein, des mots: *Nouveaux appareils d'extraction et de triage*, parce qu'indépendamment de l'avantage que présente la double recette que nous avons fait connaître et dont l'idée d'adoption et la disposition nous sont personnelles, nous avons la conviction que la forme et l'inclinaison que nous avons données aux grilles de séparation pour recevoir la houille, le plus

CONCLUSION.

Des diverses comparaisons qui précèdent, on peut tirer la conclusion que le nouveau mode d'extraction et de triage de la houille, appliqué au puits n° 8 du Grand-Hornu, a augmenté annuellement les bénéfices, réalisés sur la vente de ses produits, de 67956f,32, ainsi que le

---

doucement possible, et faire arriver à leur pied, par l'effet d'un simple glissement, les gros fragments se poussant, en quelque sorte, les uns les autres, sur la déclivité des barreaux de ces grilles, nous ont permis de réduire à son minimum le déchet résultant du bris de ces fragments. Ce déchet est, en effet, plus considérable dans les houillères où on fait usage de grilles plus couchées qu'au puits n° 8; car on est alors obligé, pour forcer les gros fragments à se séparer du menu, de les faire descendre artificiellement vers le pied des grilles en piochant, en quelque sorte, au milieu du tas accumulé sur les barreaux, à l'aide de râteaux à dents de fer, qui entament plus ou moins ces fragments et en augmentent forcément le déchet.

Des expériences, faites aux puits nos 4 et 5 du charbonnage du couchant du Flénu, près Mons, où on faisait usage, à l'époque où nous avons visité son atelier de triage, de grilles de séparation n'ayant pas plus de 14° d'inclinaison, confirment complétement les assertions qui précèdent.

En effet, on a pu à cette houillère, à deux époques assez éloignées l'une de l'autre, il est vrai, constater la différence de rendement en gaillettes, gailleteries et fines des produits d'abatage de la couche Carlier, en en opérant l'extraction, d'abord au moyen de cuffats par le puits n° 4, en octobre 1850; puis, à l'aide de cages, par le puits n° 5, en août 1852 et en janvier 1853. En prenant la moyenne des résultats obtenus dans les deux cas, qui nous ont été fournis par M. Wautier, ancien directeur-gérant de la société du Rieu-du-Cœur, dont le charbonnage du couchant du Flénu est un forfait, on trouve que l'extraction de la houille a fourni :

	Par cuffats (p. 100).	Par cages (p. 100).
En gaillettes	14,38	18,50
En gailleteries	22,35	26,25
En fines	63,27	55,16

Si on applique, à ces proportions des trois éléments du tout-venant sortant de la mine, les prix de vente de 1853 que nous

montre le tableau comparatif suivant, qui met en présence les avantages relatifs qu'offrent les deux systèmes d'extraction, tels que nous venons de les faire ressortir.

DÉSIGNATION DES SERVICES.	DIFFÉRENCE obtenue en faveur du nouveau système sur l'ancien.	
	En plus.	En moins.
	fr.	fr.
Entretien annuel des vases d'extraction.	3.046 14	
Entretien annuel du puits d'extraction.	559 46	
Recettes du fond du puits (frais de service)	3 101.10	
Recettes de la surface (frais d'entretien).	160.72	
Câbles d'extraction.	»	2.162,74
Frais de personnel à la surface.	727.80	
Augmentation du prix de vente par la diminution du déchet sur les gaillettes et les gailleteries.	62.528.84	
Économie totale réalisée par le nouveau système sur l'ancien.	«	67.956,32
Total égal.	70.119.06	70.119.06

Quant aux frais de premier établissement des deux systèmes, si on néglige les éléments communs, donnant lieu à la même dépense, on trouve que ceux de l'ancien étaient moins élevés de 13.545f, 92, ainsi que le constate le tableau suivant, comprenant les vases d'extraction, les recettes et les appareils de réception du *fond et du jour*, l'armature du puits et les engins employés au déchargement des vases d'extraction.

avons fait connaître, on trouve que le prix moyen de vente de la houille extraite par cuffats était de 0f,947045, tandis que par cages il était de 1f,014185.

L'avantage réalisé par les cages n'a donc été que de 0f,06714 par hectolitre, c'est-à-dire de 0f,01 inférieur à celui obtenu au puits n° 8 du Grand-Hornu pour les produits de la couche Houbarde, quoique le degré de friabilité de celle-ci soit plus grand que celui de Carlier, ainsi que le constate l'excédant de fines qu'elle produit.

Tableau des frais de premier établissement des deux systèmes d'extraction pour les engins spéciaux utilisés par l'un, sans l'être par l'autre.

DÉSIGNATION DES ENGINS CONSTITUANT.	LES MODES d'extraction.	
	par cages.	par cuffats.
	fr.	fr.
3 cages d'extraction, dont une de rechange, coûtant.	1.097,64	»
12 chariots en bois, dont 4 en déchargement au jour et 8 en circulation dans le puits.	513,36	»
4 cuffats, dont un de rechange, un en chargement au fond et 2 en circulation dans le puits.	»	528,00
Appareils de réception du fond du puits	1.070.46	»
Appareils de réception de la tête du puits ou souliers mobiles, plancher de dépôt de la houille et mécanisme à vider les cuffats.	»	636.00
Armature du puits.	9.380.83	»
Recettes des chariots à la surface.	868,94	»
Appareil élévateur.	1.350,14	»
4 culbuteurs.	428,55	»
Total.	14.709,92	1.164.00
Différence en faveur de l'ancien système. . . .	. . . . . .	13 545,92
Total égal.	14.709,92	14.709.92

INSTALLATION DU PUITS N° 12.

Notions préliminaires.

En publiant ce mémoire, nous avons surtout pour but de faire connaître dans tous ses détails l'installation du puits n° 12 du Grand-Hornu, c'est-à-dire l'appropriation complète de ce puits pour l'extraction et le triage de la houille, ainsi que tous les appareils qu'il possède, et qui ont été conçus pour produire, dans les conditions les plus économiques, un travail utile égal au moins au double de celui qu'on obtient dans la plupart des puits des charbonnages du Couchant de Mons, d'aussi faible section, d'égale profondeur, et ayant comme lui un axe brisé en plusieurs points.

Cette installation a résolu complétement le problème tant par la nature et la grandeur des appareils employés qui ont permis d'amener au jour, d'une profon-

deur de 355 mètres et dans un faible laps de temps, une quantité de houille considérable, que par les dispositions adoptées dans le but de rendre les manœuvres de la surface et celles du fond du puits aussi rapides que possible. Elle est, en effet, disposée de telle sorte qu'on pourrait, si l'étendue et l'importance des chantiers d'abatage le permettaient, obtenir en 12 heures de travail un chiffre d'extraction s'élevant jusqu'à 12 et 13.000 hectolitres de houille, par un puits qui n'a pas plus de $2^m,96$ à $3^m,11$ de diamètre, et dont l'axe brisé en plusieurs points se trouve dévié de la verticale de $0^m,80$, depuis l'embouchure jusqu'au fond situé à la profondeur de 355 mètres.

Le puits n° 12, commencé il y a 16 ans, n'avait pas encore été mis en extraction quand nous y avons monté, en 1853, les nouveaux engins dont il est ici question. Situé à côté d'un autre puits, le n° 10, par lequel l'extraction de la houille était opérée à cette époque, et qui sert actuellement de puits d'épuisement, il a ressenti vivement, par suite de ce voisinage, l'effet des poussées du terrain résultant des exploitations inférieures, peu de temps après le passage de son niveau, c'est-à-dire presque dès le moment où il a commencé à pénétrer dans le terrain houiller dont la tête se trouve à 85 mètres de la surface; et cet effet n'a fait qu'augmenter d'intensité, en se propageant du haut vers le bas, chaque fois que de nouvelles exploitations étaient ouvertes autour du puits n° 12, à la suite des approfondissements successifs du puits n° 10. L'augmentation a même été telle que le cuvelage dont sont revêtues les parois du puits n° 12, sur toute l'épaisseur des morts-terrains aquifères supérieurs, c'est-à-dire sur une hauteur de $77^m,25$, se trouvait dévié de la verticale de $0^m,52$ quand nous y avons posé les guides des

cages au moyen desquelles l'extraction de la houille devait y être opérée. Cette déviation, produite en moins de douze années par deux niveaux d'exploitation seulement, établis de part et d'autre du puits n° 10, aux profondeurs de 194 et de 300 mètres, n'est aussi considérable que parce que l'inclinaison du terrain houiller traversé par ces deux puits est très-forte; car elle y varie de 30 à 35 degrés, tandis qu'elle ne dépasse pas 20 degrés au puits n° 8.

Le puits n° 12, à partir de la surface et sur 10 mètres de profondeur, est garni d'une maçonnerie cylindrique en briques de 3 mètres de diamètre. Cette maçonnerie porte sur le cuvelage dont il vient d'être question et dont la section intérieure est un pentédécagone ayant 2m,96 de diamètre au cercle inscrit. Enfin, toute la partie inférieure du puits, située dans le terrain houiller, est revêtue d'une maçonnerie cylindrique en briques de 3m,11 de diamètre, mais qui a été plus ou moins déformée sous l'action des poussées latérales produites par les exploitations du puits n° 10.

D'après ce que nous avons dit sur le puits n° 8, on voit combien ces mauvaises conditions d'étroitesse et de sinuosité du puits n° 12 rendaient difficile la création de moyens d'extraction d'une énergie aussi puissante que celle que réclamait l'énorme chiffre de production que nous voulions atteindre; chiffre qui devait être d'au moins 6 à 7.000 hectolitres en 12 heures, même pour une profondeur de 600 mètres.

D'un autre côté, comme la capacité des chariots qu'il s'agissait d'élever à la surface était donnée, puisqu'ils devaient être les mêmes que ceux du puits n° 8 que nous avons décrits, il n'y avait pas possibilité de la modifier pour les approprier aux cages spéciales que la faible section du cuvelage du puits n° 12 permettait d'y

faire circuler. Nous avons donc été conduits à disposer ces dernières de façon à pouvoir y loger le plus grand nombre de chariots possible, pour rester dans les limites de vitesse d'extraction que la prudence commandait de ne pas dépasser, eu égard à la grande sinuosité du puits, ainsi que dans les limites de poids à élever, au delà desquelles l'extraction par câbles eût été impossible.

D'après ces considérations, je me suis décidé à faire usage de cages disposées comme celles du puits n° 8, également à quatre étages, mais pouvant contenir chacun deux chariots placés à la file; de manière à pouvoir extraire, à chaque ascension, 32 hectolitres ou environ 2.800 kil. de houille, le poids mort devant être d'environ 2.200 à 2.230 kil. Pour atteindre le chiffre d'extraction de 6 à 7.000 hectolitres en 12 heures, je n'aurais pas pu, dans le but d'obtenir un moindre rapport entre le poids mort et le poids utile élevés, faire usage de cages de moindre contenance; car, pour ne pas dépasser une certaine vitesse d'ascension, je n'avais pas la possibilité d'employer des cages à trois étages et à six chariots, attendu que le chiffre d'extraction que je viens d'indiquer ne représente pas le seul poids que les cages devaient élever, dans une journée de 12 heures. Il fallait aussi tenir compte du nombre considérable d'ouvriers à sortir chaque jour de la mine, de l'extraction d'une certaine quantité de déblais, et enfin de tous les retards accidentels, soit à la surface, soit dans les travaux mêmes d'exploitation. Quant au chiffre de 12 à 13.000 hectolitres mentionné précédemment et qui a été déterminé d'après les résultats d'un essai fait pendant une heure environ, en emplissant à l'avance tous les chariots de la mine, on conçoit qu'on ne parviendrait à l'obtenir que si aucune de ces causes de retard n'existait, c'est-à-dire si l'extraction de la houille pou-

vait avoir lieu d'une manière parfaitement régulière et sans la moindre interruption, ce qui ne se présente jamais dans la pratique ordinaire.

Si les cages à six chariots ne pouvaient être utilisées pour le but qu'on se proposait d'atteindre, eu égard aux motifs que nous venons de faire valoir, on comprend qu'il n'y avait pas lieu, à plus forte raison, de s'arrêter à l'idée d'employer des cages contenant quatre chariots seulement.

En Angleterre, aux environs de Newcastle et de Sunderland, où existent des puits de très-grande production, on est dans de toutes autres conditions qu'au puits n° 12. D'abord, les puits y ont une section telle qu'on peut, le plus souvent, les diviser en deux compartiments et y appliquer deux machines d'extraction, comme s'il s'agissait de deux puits distincts; de sorte que la production totale, qu'on dit y être de 900 à 1000 tonnes par jour, est en définitive celle de deux puits. D'un autre côté, les assises du terrain étant habituellement à peu près horizontales, et la richesse du gîte permettant de laisser des massifs inexploités d'une étendue considérable autour des puits, la verticalité de ceux-ci reste parfaite. On a donc pu, sans inconvénient, y réduire le poids mort et augmenter la vitesse d'ascension dans un rapport plus grand que celui qu'il était possible d'atteindre au puits n° 12.

L'installation du puits n° 12, dont nous allons donner la description, comprend : l'érection des bâtiments de la surface, l'établissement de la machine motrice et de ses générateurs, avec tous les appareils de sûreté nécessaire, les câbles et les cages d'extraction, les molettes et la charpente qui les supporte, les recettes du fond et de la surface avec les engins spéciaux qu'elles possèdent pour opérer les manœuvres des cages

et des chariots, le guidage du puits, les appareils qui servent à vider les chariots, et enfin tous ceux mis en usage pour le triage de la houille. Nous allons passer en revue successivement ces divers éléments, et donner le détail de leurs frais d'entretien et de service annuels, ainsi que de leurs frais de premier établissement.

La machine d'extraction, la charpente des molettes et les diverses recettes des vases d'extraction à la surface sont renfermées dans un bâtiment rectangulaire de 36^{m},43 de longueur, mesurée extérieurement, de 13^{m},88 de largeur, de 29 mètres de hauteur jusqu'à la naissance du toit, et de 38^{m},50 jusqu'au sommet de ce dernier. Bâtiments.

Il est représenté en plan et en coupes longitudinale et transversale (*fig.* 12 et 13, Pl. VI; *fig.* 2, Pl. VII).

Le rez-de-chaussée se compose de la chambre A de la machine à vapeur, de la baraque B des mineurs, des chambres C, C, des forges, au nombre de deux, situées de chaque côté du puits d'extraction et contenant chacune deux forges avec cheminées renversées, débouchant dans le conduit à fumée de la grande cheminée de la machine d'extraction, et, enfin, d'une dernière chambre D, située en avant du puits d'extraction et servant de lieu de repos aux tourneurs (ouvriers trieurs) et aux enfants employés au nettoyage de la houille.

Au premier étage, à la suite de la chambre de la machine à vapeur, qui s'étend jusqu'à la naissance de la toiture, règne un corridor central x de 3^{m},35 de largeur qui donne vue au machiniste sur le puits d'extraction, et de chaque côté duquel (*fig.* 1, Pl. VII) sont la lampisterie E, la chambre F des porions ou maîtres mineurs, et un petit cabinet G contenant la poudre nécessaire à une journée de travail. La lampisterie E et la chambre F s'étendent jusqu'à un corridor transversal J qui traverse le premier, en avant des places

de recettes R, R' et R'' (*fig.* 13, Pl. VI) situées autour du châssis à molettes.

Des deux côtés du corridor central dont il vient d'être question, et au-dessus des pièces précédentes, existent deux autres chambres, dont l'une est destinée aux filles, et l'autre sert de petit magasin dans lequel on renferme les outils employés au triage de la houille, ainsi que les cordages et les ustensiles nécessaires aux travaux souterrains.

La chambre de la machine à vapeur occupe un espace rectangulaire de $8^m,20$ de longueur sur 11 mètres de largeur. Elle est séparée de la baraque des mineurs par un mur vertical de $0^m,60$ d'épaisseur, qui s'élève jusqu'à la naissance de la charpente du toit du bâtiment, et qui est percé, à la hauteur du premier étage, d'une ouverture rectangulaire de $1^m,85$ de largeur, correspondante au corridor x, pour donner vue au machiniste sur le puits d'extraction. Ce mur, qui porte l'une des extrémités des entablements de la machine à vapeur, est épaulé, en regard de ceux-ci, par deux contreforts de $0^m,60$ de largeur et de $2^m,57$ d'épaisseur de base, situés à l'intérieur de la baraque des mineurs, et qui s'étendent verticalement jusqu'à la hauteur des entablements de la machine, en conservant une épaisseur uniforme de $1^m,85$, après s'être élevés en talus sur une hauteur de $2^m,50$.

La baraque des mineurs a $11^m,50$ de longueur sur 11 mètres de largeur. Elle communique, par un escalier établi entre les piliers dont il vient d'être question, avec le corridor x du premier étage et, par suite, avec les recettes du puits d'extraction, et les chambres situées de part et d'autre de ce corridor.

C'est par cet escalier et ce corridor qu'on se proposait de faire passer les ouvriers se rendant de la baraque

au puits d'extraction, ou réciproquement; mais le constructeur de la machine à vapeur ayant perdu de vue la clause de son contrat qui l'obligeait à disposer le mouvement de la machine de telle sorte que l'œil du machiniste fût situé à 7 mètres environ au-dessus du sol et, par conséquent, au-dessus de la tête des ouvriers circulant dans le corridor x, on a dû, pour y remédier, forcer ces ouvriers à se rendre au puits d'extraction par un autre chemin, en établissant un petit escalier en L (*fig.* 12, Pl. VI) destiné à mettre en communication la *baraque* des mineurs avec les recettes du pourtour du puits. Ces ouvriers peuvent ainsi se rendre par l'escalier L à *la recette* inférieure R (*fig.* 13), monter par l'un des petits escaliers M à la seconde recette R′, en passant à l'entrée du corridor J, en face d'un guichet de la lampisterie E où ils prennent leurs lampes, et enfin monter au besoin jusqu'à la recette supérieure R″ par les escaliers N. C'est, du reste, ce trajet complet que font les filles pour se rendre à leur chambre H, qui débouche, ainsi que le magasin I, sur la recette R″; et on voit, par la distribution de tous ces escaliers qui se trouvent situés sur les *côtés* des recettes, que la circulation des ouvriers entre leur *baraque* et le puits d'extraction *ne peut en aucune façon* gêner la vue du machiniste.

Entre les chambres des forges et la tourelle en maçonnerie qui forme la tête du puits d'extraction, se trouve le compartiment dans lequel sont logés les quatre soufflets. Ils y sont disposés de telle façon qu'il reste un espace complétement libre dans la partie centrale pour le passage des cages, dans le cas où on désire introduire celles-ci sous le châssis à molettes, au-dessus du puits d'extraction, sans les démonter, comme on le fait habituellement, en remplacement de celles qui occupent déjà cette position, lorsque ces dernières ont

besoin d'être envoyées aux ateliers pour y subir des réparations importantes.

Dans ce cas, les cages pénètrent au-dessous du châssis à molettes, en passant par des ouvertures ménagées dans les planchers de recettes, et qui sont fermées par des trappes mobiles situées au-dessus de la partie centrale de la chambre des soufflets. Ces trappes sont soulevées facilement à l'aide d'un treuil à engrenages, situé au-dessus du plafond de la chambre de la machine à vapeur, et dont la corde passe sur la gorge d'une petite poulie suspendue aux sommiers centraux qui supportent les paliers voisins des deux molettes. C'est aussi à l'aide de ce treuil et de petites poulies de renvoi qu'on soulève les pistons des cylindres moteurs quand on a besoin de les réparer.

La partie antérieure du bâtiment principal, située au delà du corridor J, constitue les recettes de la surface. Elles sont au nombre de trois R, R′ et R″ (*fig.* 13, Pl. VI), séparées par un intervalle de $2^m,10$ correspondant exactement au double de la hauteur d'un compartiment de cages d'extraction.

La recette inférieure R, située au niveau du pied du châssis à molettes et au-dessus de la chambre des tourneurs, est destinée aux déblais et aux mauvais charbons qui peuvent être extraits, par nuit ou par jour, en même temps que la houille marchande. Elle sert aussi de lieu de dépôt momentané pour le bois, le foin, la paille, etc., et tous les objets encombrants qui doivent être descendus, à de certains intervalles, au fond de la mine. Les deux recettes supérieures R′ et R″ sont, au contraire, exclusivement destinées à la houille marchande, et la plus élevée R″ ne s'étend en largeur que jusqu'aux montants du châssis à molettes, le mouvement des chariots, autour du puits d'extraction et de

l'avant à l'arrière de la recette, pouvant se faire facilement sous le châssis à molettes même, comme nous le montrerons plus loin.

Le clicage ou hangar de triage Q et le hangar P qui abrite les générateurs de la machine d'extraction (*fig.* 13, Pl. VI), sont adossés contre les façades antérieure et postérieure du bâtiment principal dont nous venons de donner la description.

Le premier est un hangar en planches, couvert en pannes, qui est supporté par quatre rangées de colonnes en fonte de 2 mètres de hauteur entre lesquelles sont établis des embranchements de voie ferrée, qui se détachent de l'une des deux lignes principales (voie à vide) un peu en amont du clicage, et rejoignent la seconde ligne (voie à charge) à quelques mètres en aval de ce dernier.

Le hangar P est entièrement construit en briques, et couvert en pannes vernissées comme le bâtiment principal et le hangar Q, à l'exception des ouvertures ménagées dans le toit, qui donnent jour à l'intérieur, et qui sont recouvertes de pannes en verre.

Frais de premier établissement.

Les frais de premier établissement du bâtiment principal se sont élevés à 56.413f,35, répartis comme suit :

ÉLÉMENTS du bâtiment principal.	SOMMES partielles.	SOMMES totales.	DÉSIGNATION DES OBJETS.
	fr.	fr.	
Toiture. . .	629,95		Pour tirants, sabots, corbeaux, etc.
	2.541.09	4.012,39	Charpente.
	841.35		Divers.
Corps de bâtiment.	8.138,09		Colonnes, ancrages, corbeaux, gouttières, etc.
	5.875,44		Planchers, cloisons.
	33.972,75	52.400,96	Maçonnerie.
	2.714.68		Pierres de taille.
	1.700,00		Divers objets.
Total égal..	56.413,35	56.413.35	

Quant aux frais de premier établissement du hangar des générateurs et de celui du clicage, ils sont compris dans ceux relatifs à l'érection de la machine motrice et des agrès d'extraction dont il sera fait mention plus loin.

Machine d'extraction.

Les considérations que nous avons exposée page 88 montrent que pour extraire facilement en douze heures de travail, de la profondeur de 355 mètres, environ 7 à 8.000 hectolitres de houille, j'ai été conduit à me servir d'une machine capable d'élever, à chaque ascension, un poids de 2.700 à 2.800 kil. de houille, correspondant à 32 hectolitres, contenus dans huit chariots semblables à ceux du puits n° 8, et de fonctionner avec une vitesse suffisante pour parer à tous les retards qui se produisent ordinairement pendant la marche de l'extraction, ainsi qu'à ceux occasionnés par les manœuvres des chariots, à l'arrivée des cages à la surface. Je me suis, dès lors, décidé à faire construire une machine à vapeur capable de produire un travail utile de 150 chevaux-vapeur, en fixant au constructeur un poids à élever de 2720 kil. avec une vitesse moyenne de $4^{m},138$ par seconde, conditions qui devaient être réalisées en ne dépassant pas une pression effective de la vapeur, dans les générateurs, de deux et demi atmosphères, pour la profondeur de 360 mètres à laquelle il était dit que l'extraction devait commencer, afin que cette pression effective restât en dessous de trois atmosphères quand le puits serait approfondi jusqu'à 600 mètres. Ces limites de pression étaient imposées par la nécessité d'utiliser trois générateurs de 16 mètres de longueur sur $1^{m},60$ de diamètre que nous possédions, depuis nombre d'années, et qui avaient été timbrés pour fonctionner à cette pression. Le constructeur devait, indépendamment de la construction de la machine, se

charger d'adapter à ces trois générateurs six tubes bouilleurs de 16 mètres de longueur et de $0^m,70$ de diamètre, de manière à donner à chacun d'eux une puissance de vaporisation correspondante à une force effective de 75 chevaux, deux d'entre eux étant destinés à alimenter simultanément la machine motrice, pendant que le troisième serait tenu en réserve. Toutes les garnitures de ces générateurs et de leurs fourneaux, ainsi que les appareils de sûreté exigés par la loi, devaient être fournis par le constructeur et montés par lui sur les trois générateurs.

Il était dit également qu'il se chargerait de tout le tuyautage et de la construction d'une petite machine alimentaire spéciale, devant prendre l'eau à la profondeur de 15 à 20 mètres, ainsi que de la fourniture d'un réservoir à eau chaude avec cheminée de décharge en tôle. Quant à la machine motrice proprement dite, elle devait être à haute pression, sans condensation, et à expansion variable produite à l'aide de la coulisse de Stéphenson, et se composer de deux cylindres verticaux avec pistons attelés directement à l'arbre des bobines, sans l'intermédiaire de roues d'engrenage. L'arbre des bobines, d'au moins 5 mètres de longueur entre ses paliers, devait être supporté à chacune de ses extrémités par quatre colonnes en fonte avec architrave, réunies par des arceaux en fonte. Les bielles devaient être en fer forgé, les manivelles en fonte et d'une force supérieure à celle que la machine pourrait développer en fonctionnant avec sa plus grande puissance, l'arbre des bobines, creux et en fonte, entièrement tourné, et les colonnes et les cylindres devaient être assis sur de solides plaques en fonte. Le mouvement de la machine, de manœuvre facile pour un seul homme, devait être établi pour que l'œil du machiniste fût situé à une hau-

teur d'environ 7 mètres au-dessus du sol. Enfin, la consommation en combustible ne devait pas dépasser celle des meilleures machines d'extraction de la Belgique.

La société de Haine-Saint-Pierre ayant accepté ces conditions, à un prix inférieur à celui des sociétés concurrentes, c'est-à-dire pour la somme de 38.500 fr., y compris le transport de toutes ses fournitures jusqu'à la station du chemin de fer la plus voisine d'Hornu, la préférence lui fut accordée.

Quelque temps après la signature du contrat passé entre les sociétés du Grand-Hornu et de Haine-Saint-Pierre, pour la construction de cette machine, la législation sur les mines ayant prescrit l'application de freins de sûreté à toutes les nouvelles machines, la seconde société s'engagea à compléter ses livraisons par la fourniture d'un frein, qui devait être monté sur l'arbre des bobines et commandé par un petit cylindre à vapeur, moyennant un prix supplémentaire de 1800 francs.

Avant de décrire la machine, telle qu'elle existe actuellement, nous croyons utile de mentionner les graves inconvénients auxquels ont donné lieu, dans le principe, la disposition et le mode de mouvement que le constructeur avait cru devoir adopter pour opérer les changements de marche, en faisant usage d'une soupape de Cornouailles comme valve d'admission, et d'un cylindre à vapeur pour agir sur les coulisses de Stéphenson qui commandent les tiroirs de distribution, afin de vaincre l'énorme pression résultant de la grande étendue de ceux-ci, pensant probablement qu'il était impossible de l'équilibrer en partie, ou ne jugeant pas utile de le faire.

Nous indiquerons ensuite les modifications à l'aide desquelles il est heureusement parvenu à parer à ces défauts et à rendre la machine gouvernable, pour l'exé-

cution des manœuvres nécessitées par la réception des cages d'extraction, à leur arrivée à l'embouchure du puits.

L'emploi d'une large soupape de Cornouailles comme valve d'admission, qui a l'inconvénient, pour une faible levée, d'offrir une grande issue à la vapeur, rendait le mouvement de la machine très-brusque au départ, en la lançant trop vivement quand le machiniste abaissait, seulement de quelques millimètres de plus qu'il ne le fallait, le levier commandant cette soupape. La tension des câbles d'extraction et des chaînettes des cages s'opérait alors avec une telle rapidité, qu'il en résultait des secousses pernicieuses pour leur élasticité et leur ténacité.

Une fois la machine lancée, la marche continuait sans inconvénient; mais à l'arrivée au jour de la cage montante, il en était tout autrement, soit pour l'arrêter dans son mouvement ascensionnel, à une certaine hauteur au-dessus des taquets de réception de la tête du puits, soit pour la descendre doucement sur ceux-ci; car la machine était trop ingouvernable, pour permettre d'exécuter ces manœuvres avec la promptitude et l'absence de chocs qu'elles réclament. On comprend, en effet, qu'avec un piston à vapeur intermédiaire entre la main du machiniste et les coulisses de Stéphenson et, par suite, les tiroirs qu'il veut mettre en mouvement, il lui soit impossible d'amener les premières, aussi exactement et aussi instantanément que les circonstances l'exigent, dans la position qu'elles doivent occuper, soit pour fermer les lumières d'admission des cylindres moteurs, quand il veut arrêter la cage qui a dépassé l'orifice du puits, soit pour ouvrir les lumières de décharge, après avoir fermé le modérateur, quand il veut faire redescendre doucement cette cage, sur les

taquets de réception établis au niveau des recettes, soit enfin pour n'ouvrir les lumières d'admission que d'une quantité déterminée, quand il veut soulever de nouveau la cage au-dessus des taquets et l'y faire redescendre ensuite, pour rendre possible le déchargement de ses compartiments inférieurs, à la suite de la même opération faite sur ses compartiments supérieurs.

En effet, la pression de la vapeur étant essentiellement variable, d'un instant à l'autre, dans le petit cylindre qui commande les coulisses, par l'effet de la condensation ou des variations qu'elle éprouve dans les générateurs, le machiniste ne peut pas deviner exactement l'ouverture qu'il doit donner au robinet d'admission de ce petit cylindre, pour ne déplacer les coulisses que de la quantité rigoureusement nécessaire à la production du mouvement qu'il veut imprimer à la cage. Il est donc obligé de marcher par tâtonnements, et souvent il lui arrive de produire sur les coulisses, ou trop d'effet, ou pas assez, ou même un mouvement de sens opposé à celui qu'il se proposait de leur donner. On comprend, dès lors, quelle perturbation s'ensuit dans le mouvement de la cage. Tantôt celle-ci s'arrête avant d'avoir atteint la hauteur à laquelle elle doit être élevée au-dessus des recettes pour être amenée ensuite à leur niveau ; tantôt, au contraire, elle est emportée vers les molettes, et tantôt enfin elle est précipitée sur les taquets de l'orifice du puits en produisant des chocs à tout briser. Ce dernier effet se manifestait même si souvent, au puits n° 12, qu'il devenait impossible de continuer l'extraction dans de telles conditions. Aussi, le machiniste avait-il fini par renoncer tout à fait à produire le mouvement de descente de la cage sur les taquets, en faisant jouer graduellement les coulisses de la machine. Il se contentait, une fois la cage arrivée à

la hauteur voulue, de l'y maintenir à l'aide du frein de sûreté. Il ouvrait ensuite les lumières de décharge et faisait descendre la cage sur les taquets, en ouvrant graduellement les mâchoires du frein. Il en résultait une perte de temps considérable et souvent des chocs pernicieux, quand il arrivait au machiniste de desserrer un peu trop le frein. En tous cas, on ne pouvait pas considérer un mouvement produit de telle façon comme industriel, et ce n'était certainement pas pour atteindre un tel but que la législation sur les mines avait prescrit l'application de freins de sûreté à toutes les nouvelles machines d'extraction.

La société du Grand-Hornu faisait aussi remarquer à celle de Haine-Saint-Pierre, dans les débats qui se sont élevés entre elles au sujet des inconvénients que je viens de signaler, que l'établissement du frein était un fait tout à fait accidentel et en dehors des clauses du contrat qui liait les deux sociétés, son adoption ayant été décidée, de commun accord, seulement vers la fin du montage de la machine, et uniquement pour se mettre en mesure vis-à-vis de l'administration des mines, qui venait d'en décréter l'emploi, comme mesure de sécurité. Le mouvement de la machine devait donc être combiné de façon à pouvoir fonctionner industriellement, sans le secours de cet appareil de sûreté, puisqu'il n'aurait même pas existé si la machine eût été montée avant la promulgation du décret qui en prescrivait l'usage.

Aussi la société de Haine-Saint-Pierre finit-elle par se décider à apporter, dans la construction du mouvement de la machine, des modifications de nature à faire disparaître les irrégularités dont il vient d'être question. Ces modifications sont ingénieuses et permettent d'exécuter les manœuvres des cages, à la surface,

avec une très-grande facilité, sans nuire en rien à la célérité due à la disposition des appareils de réception de l'embouchure du puits. Elles n'offrent que deux inconvénients : l'un, de mettre sous la main du machiniste une pièce de plus à manœuvrer, indépendamment du levier du modérateur et de ceux qui servent à faire mouvoir les robinets des cylindres à vapeur commandant les coulisses de Stéphenson ; ainsi que le frein de sûreté ; et l'autre, de donner lieu à une dépense de vapeur en pure perte, dont il est impossible d'apprécier l'importance, mais qui n'en est pas moins réelle, comme nous allons le montrer.

A part ces deux inconvénients, qui n'ont qu'une importance secondaire, la machine se trouve actuellement dans d'excellentes conditions, sans laisser apparaître, même à la plus grande vitesse, la moindre trace de chocs ni de vibrations.

Les modifications apportées par M. Colson, ingénieur de la société de Haine-Saint-Pierre, au mouvement de la machine, sont au nombre de deux. La première consiste dans le remplacement de la soupape de Cornouailles, servant de modérateur, par une *glissière* verticale, terminée par une partie triangulaire à côtés légèrement arrondis en forme de cœur, et enfermée dans une boîte W (*fig.* 3, Pl. VII), qui se trouve intercalée entre deux collets de la conduite de vapeur E, en avant de l'ancienne valve G dont j'ai demandé, plus tard, au constructeur la réintégration pour servir à un usage dont il sera parlé plus loin.

La forme de cette glissière, imaginée par M. Fabry, permet de n'envoyer la vapeur que graduellement aux cylindres moteurs, en ne lui ouvrant pas tout à coup une large issue, comme le faisait la soupape G, pour un faible abaissement du levier qui la com-

mandait. La seconde modification, et la plus importante, consiste dans l'application de quatre robinets *r'*, *r'*, *r'*, *r'* (*fig.* 3, 4, 5, 6 et 7, Pl. VII) aux chapelles des cylindres moteurs, et qui se trouvent intercalés dans l'épaisseur de la cloison qui sépare le canal d'admission de celui de décharge, ainsi que le montre la *fig.* 6. Ces robinets, mis en communication de la tête à la base des chapelles, par le système de tringles et de leviers articulés *a*, *a* (*fig.* 4, 6 et 8), qui sont liés au petit arbre de couche *dd*, peuvent être ouverts ou fermés par le machiniste au moyen du levier *dm'*, fixé à l'arbre *dd*, et de la tringle T''T'', qu'il lui suffit de tirer à lui ou de pousser en avant pour produire les deux effets.

Avant d'entrer dans le détail des manœuvres de la machine pour la réception des cages au jour, et de montrer comment les robinets *r'*, *r'*, *r'*, *r'* parent aux *inconvénients* résultant de l'application d'un cylindre à vapeur au mouvement des tiroirs de distribution, nous croyons utile de donner la description de cette machine et de l'agencement de ses divers organes.

La *fig.* 3 représente l'élévation longitudinale de la machine d'extraction et de la petite machine alimentaire de ses générateurs.

La *fig.* 15, Pl. VII, est l'élévation longitudinale des pompes, des tuyaux d'alimentation et du réservoir à eau chaude, situés sous le sol de la chambre de la machine à vapeur, entre les massifs de fondation de ses cylindres.

Les *fig.* 4, 5, 8 6 et 7, Pl. VII, représentent les robinets *r'*, *r'*, *r'*, le système de leviers et de tringles qui sert à les mettre en mouvement, et les coupes longitudinale et transversale des chapelles des cylindres moteurs.

Enfin, les *fig.* 1 et 2, Pl. VIII, représentent, en coupes

longitudinale et transversale, les générateurs et leurs fourneaux.

La machine d'extraction se compose (*fig.* 3, Pl. VII) de deux cylindres verticaux A, A, de $0^m,75$ de diamètre intérieur, et dont les pistons ayant $2^m,13$ de course sont attelés directement à l'arbre des bobines BB, par l'intermédiaire des bielles en fer forgé *b*, *b*, et des manivelles en fonte *o*, *o*, calées à angle droit sur cet arbre. L'arbre des bobines est en fonte, et creux à l'intérieur. Son diamètre extérieur est de $0^m,48$ au milieu de sa longueur, de $0^m,42$ dans ses coussinets, et son diamètre intérieur de $0^m,20$. Les chapelles des cylindres moteurs renferment chacune deux tiroirs emmanchés sur la même tige, ainsi que le montre la *fig.* 7, Pl. VII. Les lumières d'admission ont $0^m,40$ de largeur sur $0^m,08$ de hauteur, et celle d'échappement $0^m,40$ de largeur sur $0^m,10$ de hauteur. Le recouvrement des tiroirs de distribution est de $0^m,028$, leur course de $0^m,18$, et l'avance à l'introduction de $0^m,001$ à $0^m,002$.

Le tuyau transversal DD, de $0^m,16$ de diamètre intérieur, qui communique avec la partie supérieure des chapelles, envoie à celles-ci la vapeur que lui amène le tuyau principal E, de $0^m,19$ de diamètre, sur lequel est montée la boîte W contenant la glissière d'admission qui a remplacé la soupape de Cornouailles G. Celle-ci, qui servait dans le principe de modérateur, reste actuellement constamment levée, et ne tombe sur son siége, pour intercepter la communication des générateurs et des cylindres, que lorsque l'*arrête-cages*, dont il sera parlé plus loin, fonctionne.

Les tuyaux F, F, qui mettent en communication les canaux de décharge des chapelles C, C avec le réservoir à eau chaude (*fig.* 3 et 15), ont $0^m,24$ de diamètre intérieur. Ce réservoir α, qui a $2^m,31$ de longueur, $1^m,28$ de

largeur, $1^m,52$ de hauteur, et $0^m,005$ d'épaisseur, est surmonté d'une cheminée de décharge en tôle β (*fig.* 3), de $0^m,24$ de diamètre intérieur et $0^m,005$ d'épaisseur, par laquelle la vapeur des cylindres s'échappe dans l'atmosphère après avoir échauffé l'eau d'alimentation.

Les tiges des tiroirs de distribution sont mises en mouvement par deux coulisses de Stéphenson en fonte I, I (*fig.* 3), dans l'intérieur desquelles est logé le coulisseau qui les termine. Ces deux coulisses, suspendues chacune aux barres de deux excentriques calés sur l'arbre des bobines, sont reliées par deux tringles latérales *J, J*, à l'extrémité inférieure de deux leviers en fonte *KLM*, emmanchés sur l'arbre de couche en fonte L, qui porte également un troisième levier NLP, calé sur cet arbre à angle droit par rapport aux premiers. Le bras supérieur des leviers KLM, dans son mouvement d'arrière, vient butter contre une poutrelle en bois ω fixée sur les entablements de la machine, et qui sert à en arrêter la marche, en limitant ainsi la course horizontale des coulisses d'un côté, tandis qu'elle est limitée de l'autre côté par l'extrémité N du levier NLP, quand celle-ci vient rencontrer en s'élevant la face inférieure de la poutrelle ω. L'extrémité N du levier NLP reçoit le mouvement par deux tringles de côtés Q, Q, de la tige du piston d'un petit cylindre à vapeur R, de $0^m,30$ de diamètre, établi sur les poutrelles ω, ω'. Celui-ci est commandé par l'arbre vertical T, muni d'un petit volant S sur lequel le machiniste agit à volonté, en le faisant tourner à droite ou à gauche, pour ouvrir les lumières d'admission et de décharge recouvertes par la valve tournante ρ. Cette valve, représentée ainsi que son siége ε (*fig.* 10, 11, 12. 13 et 14, Pl. VII), est liée à l'arbre T par le système de leviers articulés *z'*, *z'*, *z'* (*fig.* 3).

Un second petit cylindre, également de 0m,30 de diamètre, monté sur l'autre extrémité des poutrelles ω, ω′, sert à commander le frein en fer F′, qui embrasse toute la circonférence de la poulie en fonte P′ fixée sur l'arbre des bobines, et entre les bras de laquelle se trouvent logés les contre-poids d'équilibre des manivelles *o*, *o*. La tige de ce piston du cylindre est fixée, comme celle du cylindre R, par des tringles de côté Q′, Q′, à l'une des extrémités du levier V*x*, mobile autour de l'arbre L. A l'autre extrémité *x* du levier V*x* se trouve liée par articulation l'une des branches de la mâchoire du frein, tandis que la seconde branche l'est également, par articulation, à l'extrémité Z du levier L*z*, calé sur l'arbre L.

D'après cette disposition, on conçoit qu'il suffit de faire monter ou descendre le piston du second cylindre, en introduisant de la vapeur par-dessous ou par-dessus, pour serrer ou desserrer les deux branches de la mâchoire du frein. Le tiroir de distribution de ce petit cylindre, semblable à celui du cylindre R, est commandé de la même manière par un arbre vertical, au moyen d'un système de leviers articulés, en faisant tourner à droite ou à gauche un petit volant que porte l'arbre.

Les bobines des câbles d'extraction ont leurs estomacs et leurs couronnes en fonte, tandis que les bras sont en bois de chêne, ayant 0m,14 sur 0m,16 d'équarrissage au gros bout et 0m,13 sur 0m,15 au petit bout. Leur diamètre extérieur est de 6m,50, et celui des estomacs de 2m,50 (1).

(1) Le constructeur a dû, sur nos vives réclamations, changer le diamètre extérieur des bobines qu'il avait construites dans le principe, ce diamètre n'étant alors que de 6 mètres; car dès l'époque de notre entrée en relation avec lui, nous lui

Les engrenages à déclic *d*, *d*, *d*... (*fig.* 3 et 4, Pl. VIII), qui reçoivent le mouvement de l'arbre des bobines, et qui sont établis aux deux extrémités de celui-ci, font

---

avions dit vouloir employer des câbles de 0m,0425 d'épaisseur moyenne et de 8 kil. par mètre courant, quand l'extraction, en vue de laquelle la machine a été construite, sera portée à la profondeur de 600 mètres, conditions pour lesquelles le grand diamètre d'enroulement, déterminé par les formules de M. Combes, est de 6m,325. La capacité des bobines doit même être plus grande, puisqu'elles doivent recevoir en outre, au moment où on y place les câbles, non-seulement toute la portion correspondante à la profondeur du puits, mais même la partie comprise entre elles et l'orifice de ce dernier, c'est-à-dire une longueur totale de câble d'environ 650 mètres, chiffre que nous avions eu soin de fixer au constructeur.

En admettant même que l'extraction à 600 mètres pût être opérée avec les mêmes câbles que ceux dont nous lui avions dit vouloir nous servir pour la profondeur de 360 mètres, c'est-à-dire avec des câbles de 0m,038 d'épaisseur moyenne et de 7 kil. de poids moyen par mètre courant, des bobines de 6 mètres de diamètre extérieur, mesuré aux couronnes, n'auraient pu en recevoir 650 mètres qui exigent un diamètre d'enroulement de 6m,29.

L'estomac de 2m,50 de diamètre que le constructeur a adopté est aussi un peu trop fort et ne permettra pas d'équilibrer convenablement les câbles. Le calcul donne bien 2m,744 pour le diamètre initial du noyau d'enroulement, au départ de la cage du fond du puits, pour un poids utile de 2.720 kil., un poids mort de 2.200 kil., une profondeur de 600 mètres, une épaisseur moyenne de câble de 0m,0425 et un poids moyen de 8 kil. par mètre courant; mais le diamètre d'estomac de 2m,50 ne permettra de laisser que trois tours à peine de câble enroulé dans chaque bobine quand la cage sera au fond du puits. Or ce nombre de tours est insuffisant pour éviter la fatigue que subit le point d'attache dans l'intérieur de la bobine; car, avec une charge aussi considérable que celle que nous avons mentionnée pour le puits n° 12, il est nécessaire de laisser toujours au moins huit à dix tours de câble enroulé pour bien préserver le point d'attache. C'est là un fait d'expérience bien connu des praticiens. Il en résulte que pour bien faire, le diamètre de l'estomac des bobines de la machine du puits n° 12 n'aurait pas dû dépasser 2 mètres. Les câbles eussent été mieux équilibrés, et par suite la consommation en combustible de la machine plus faible.

jouer une sonnette au moment de l'approche de la cage de l'orifice du puits, pour avertir le machiniste de ralentir le mouvement de la machine et de se tenir sur ses gardes. J'ai fait monter deux sonnettes, avec leur mouvement construit par un horloger d'Hornu, qui en a le brevet, afin d'en avoir toujours au moins une fonctionnant, si, par une cause quelconque, l'autre venait à cesser de se faire entendre.

Les changements si fréquents de marche de la machine pendant l'exécution des manœuvres de la surface, et au moment du soulèvement de la cage pleine du fond du puits (changements opérés par la mise en mouvement, à droite et à gauche, du petit volant S, *fig.* 3), forcent le machiniste à être on ne peut plus attentif. Cependant, malgré les plus grandes précautions, il lui arrive encore quelquefois de se tromper, en produisant une marche de sens tout à fait opposé à celle qu'il veut imprimer à la machine. Il pourrait alors, on le comprend, en résulter un grave danger, par l'envoi vers les molettes de la cage voisine de la surface, avant que le machiniste eût le temps de l'arrêter, si nous n'avions pas trouvé le moyen d'y parer.

Arrête-cages. Ce résultat a été obtenu par l'établissement au-dessus du puits de l'*arrête-cages*, pour lequel M. Goutteaux, de Gilly, est breveté, et qui a pour effet de fermer la valve d'admission des cylindres moteurs, en ouvrant, en même temps, la lumière d'admission du cylindre qui commande le frein de l'arbre des bobines. Cet appareil produit en outre un troisième effet non moins important que les précédents, eu égard à la disposition du mouvement de la machine, en agissant en même temps sur les robinets de décharge des chapelles des cylindres moteurs, pour les ouvrir et forcer, la vapeur agissant sur les pistons, à s'échapper dans l'atmosphère.

Nous avons demandé également au constructeur de faire agir l'arrête-cages, non pas sur le modérateur enfermé dans la boîte W (*fig.* 3), comme le fait M. Goutteaux pour ses autres appareils, mais bien sur l'ancienne valve d'admission G, en maintenant celle-ci ouverte, en marche normale, et la forçant, au contraire, à retomber sur son siége par le jeu de cet appareil, quand l'une des cages s'élève trop au-dessus de l'orifice du puits. C'est l'effet qu'il a obtenu en armant cette soupape d'une longue tige de suspension par laquelle elle est maintenue à une certaine hauteur au-dessus de son siége, pendant la marche de l'extraction, en n'obstruant pas le passage de la vapeur vers les cylindres moteurs, tandis que le contraire a lieu par le jeu de l'arrête-cages qui produit le décrochement de la tige, et amène, par suite, la chute de la soupape.

Ces trois effets ayant lieu simultanément et très-rapidement par le jeu de l'appareil de M. Goutteaux, on conçoit que la cage, emportée vers les molettes, doive s'arrêter presque instantanément. C'est aussi de cette façon que les choses se passent, et jusqu'à présent nous n'avons eu qu'à nous louer des services que nous a rendus cet arrête-cages.

Il consiste simplement en deux leviers *ll'* à contrepoids P (*fig.* 8, 9 et 13, Pl. VII), fixés sur l'arbre *e* et couchés obliquement au-dessus du compartiment du puits par lequel la cage doit sortir. L'arbre *e* porte un troisième levier *ef*, percé de plusieurs trous sur sa longueur, de manière à pouvoir y accrocher, à telle distance que l'on veut de l'axe *e*, la longue tringle *fg* qui commande, par l'intermédiaire du levier *gh*, également percé de trous, l'axe *h* sur lequel il est fixé, ainsi que deux autres leviers *hi* et *hJ* (*fig.* 8, Pl. VII). Le premier de ceux-ci, terminé d'un côté par une four-

chette et de l'autre par un contre-poids, tient suspendue la tige de la soupape G. Le second commande l'axe *d*, par l'intermédiaire de la tringle JK et du levier *f'm'*, et, par suite, les robinets de décharge des chapelles des cylindres moteurs. Enfin, l'axe *h*, par l'intermédiaire du levier *hg*, de la tringle *gn* et du levier *pq* (*fig.* 8 et 9, Pl. VII), commande l'arbre vertical T' qui sert à ouvrir et à fermer le tiroir de distribution du cylindre R' du frein de sûreté.

Comme chacun des leviers *l'l* se trouve situé audessus du puits d'extraction, à une hauteur supérieure à celle à laquelle la cage correspondante doit être élevée pour opérer les manœuvres de la surface, on voit qu'en marche normale cette cage n'a aucune action sur lui; mais aussitôt qu'elle monte un peu plus haut, elle soulève l'extrémité *l*, en abaissant le contre-poids P, qui lui vient en aide, et fait, par cela même, mouvoir l'axe *e*. La tringle *fg* est alors tirée en avant, ainsi que l'extrémité *g* du levier *hg*, et, par suite, l'axe *h* est mis en mouvement. La fourchette qui termine le levier *hi* s'abaisse donc et laisse échapper la tige de la soupape G qu'elle tenait suspendue. D'un autre côté, le levier *hJ* fait tourner l'axe *d* et jouer les tringles et leviers *a*, *a*, *a*, *a* qui ouvrent les robinets de décharge des chapelles. Enfin, le levier *hg* tire en avant la tringle *gn*, fait tourner, par cela même, l'arbre T', et agir le frein de sûreté. Ces trois effets se produisent simultanément et très-rapidement, en forçant ainsi la machine d'extraction à s'arrêter presque instantanément.

Machine alimentaire. L'appareil alimentaire A' (*fig.* 3, Pl, VII), situé au niveau du sol sous le plancher du machiniste, n'offre rien de remarquable. C'est une petite machine à vapeur, à double effet, dont le diamètre du piston est de $0^m,20$, la course de $0^m,50$, et à la tige de laquelle sont suspendues

celles des pompes à eau chaude et à eau froide. Elle porte une traverse horizontale aux extrémités de laquelle sont fixées deux petites bielles, qui transmettent son mouvement à deux arbres coudés M', M', faisant fonction de manivelles. Sur l'une de leurs extrémités sont fixées deux roues d'engrenage B', B', à dents de bois, destinées à régulariser le mouvement de la machine, et sur l'autre, deux petits excentriques *e*, *e* qui commandent le tiroir de distribution du cylindre A', en tournant entre les deux branches de l'étrier D'E', suspendue aux deux tringles de côté que porte la traverse supérieure, au milieu de laquelle est emmanchée la tige de ce tiroir.

Le pompe à eau chaude F' (*fig.* 15) a $0^m,12$ de diamètre et la même course que celle de la machine à vapeur A'. Ses soupapes sont enfermées dans les boîtes G'G'. L'eau d'alimentation est aspirée du réservoir α par le tuyau J'. et refoulée dans les générateurs par le tuyau N'. La tige de cette pompe foulante forme le prolongement de celle du piston à vapeur. Quant à celle de la pompe à eau froide L', située dans l'intérieur du puits d'alimentation, elle se trouve également dans le prolongement du même axe et est suspendue à la traverse P'Q', par les tringles en fer K', aplaties vers le bas et boulonnées contre ses faces latérales. Cette dernière pompe a le même diamètre et la même course de piston que la précédente.

Les escaliers et les échelles en fer R', S', *t'* (*fig.* 3, Pl. VII), qui permettent d'avoir accès facilement et à volonté vers toutes les parties de la machine, ont été disposés comme le représente cette figure, et construits par la société du Grand-Hornu elle-même. Il en a été de même de toutes les balustrades en fonte qui entourent les entablements et le plancher du machiniste, ainsi

que des paliers à jour qui permettent de circuler autour des manivelles et, en général, de toutes les pièces d'ornementation de la machine.

Manœuvres de la machine d'extraction.

Dès que le sommet de la cage montante apparaît au-dessus du second plancher de recettes, le machiniste ferme le modérateur, et ouvre en même temps les robinets de décharge des chapelles des cylindres moteurs, en tirant à lui la tringle T″T″ (*fig.* 3 et 8), qui les commande. La cage continue alors, pendant quelques instants encore, son mouvement ascendant, en vertu de la vitesse acquise, mais ne tarde pas à s'arrêter au-dessus des recettes, à une hauteur qui permet de l'asseoir sur les taquets de réception, en la forçant à redescendre de quelques décimètres, par l'effet de son propre poids. Seulement, comme celui-ci est trop considérable, le machiniste a soin, pour que la cage n'exerce pas de chocs sur les taquets, de produire une légère contre-pression dans les cylindres moteurs, en y envoyant un peu de vapeur, qui s'échappe presque aussi vite par les robinets de décharge maintenus ouverts. Aussitôt que la cage est arrivée sur les taquets, le machiniste s'empresse de changer le sens de marche pour l'empêcher de se soulever pendant le remplacement des quatre premiers chariots pleins par les quatre premiers chariots vides, effet qui se produirait inévitablement par la tension de la portion de câble comprise entre les molettes et les bobines, si, par le changement de marche, on n'agissait pas à l'avance, de manière à détendre cette partie de câble.

La substitution des chariots vides aux chariots pleins étant opérée, sur deux compartiments, le machiniste change le sens de marche de la machine, soulève de nouveau la cage au-dessus des taquets de réception, en ouvrant le modérateur, mais en maintenant toujours

ouverts les robinets de décharge, pour qu'un léger excès de vapeur qui serait envoyé aux cylindres ne puisse pas l'entraîner subitement vers les molettes. Elle est ensuite redescendue une seconde fois sur les taquets de réception, en opérant comme nous venons de l'indiquer, pour permettre d'effectuer le déchargement et le rechargement de ses deux autres compartiments. Dès que ces deux dernières opérations sont terminées, le machiniste, après avoir changé le sens de marche de la machine, soulève encore une fois la cage au-dessus des taquets de réception, pour qu'on puisse relever ceux-ci et lui livrer passage, et la laisse enfin redescendre dans le puits d'extraction, en maintenant le modérateur fermé et les robinets de décharge ouverts. Cette descente de la cage s'opère alors en vertu de son poids, mais de quelques mètres seulement, jusqu'à ce que le câble de l'autre cage soit tendu. Souvent même, pour éviter que cette tension, ainsi que celle des chaînettes de la seconde cage, ne s'opère trop brusquement, le machiniste est obligé de laisser la descente de la première s'effectuer avec le mouvement de la machine disposé à contre-sens. Quant aux robinets de décharge, il ne les ferme définitivement qu'après avoir ouvert le modérateur pour soulever la cage pleine du fond du puits, afin que la tension des chaînettes et le départ de celle-ci aient lieu graduellement et sans chocs.

D'après ces indications, on voit que si les robinets de décharge des chapelles sont d'un emploi très-avantageux pour permettre d'exécuter les manœuvres de la surface avec toute la célérité désirable, ils n'en ont pas moins l'inconvénient de donner lieu à une perte de vapeur d'une certaine importance, pendant le temps qu'on est obligé de les laisser ouverts pour se mettre à l'abri d'accidents.

Quant à la consommation en combustible de la machine et de ses accessoires, nous l'avons trouvée, en marche ordinaire et régulièrement suivie, de 9 à 10 kil. de houille Flénu, par force de cheval et par heure de travail utile. Cette consommation descendrait certainement à 8 kil. environ, ainsi que nous nous en sommes assuré, si la machine pouvait fonctionner avec toute sa puissance et avec une durée de manœuvres de 20 secondes, comme cela aurait lieu si le transport intérieur n'était jamais en retard sur l'extraction.

Motifs d'adoption du système vertical, de préférence au système horizontal.

La puissance et la vitesse de fonctionnement de la machine d'extraction qu'il s'agissait de faire construire, pour desservir le puits n° 12 du Grand-Hornu, ayant été déterminées par les considérations exposées précédemment, il restait à décider la disposition à donner à cette machine pour l'établir dans les conditions les plus économiques d'installation, d'entretien et de l'influence plus ou moins grande qu'elle pouvait avoir sur le meilleur mode de conservation des câbles d'extraction. La grande consommation en combustible des machines oscillantes appliquées, jusqu'à présent, à l'extraction de la houille, et leur infériorité relative par rapport aux machines fixes, en raison du moindre degré de stabilité qu'elles présentent, quand il s'agit d'une force aussi grande que celle que devait posséder la machine du puits n° 12, n'ont pas permis de s'arrêter à l'idée d'en faire usage.

Deux systèmes seulement restaient donc en présence : le système vertical et le système horizontal.

Je me suis décidé à adopter le premier de préférence au second, parce qu'il m'a paru offrir sur ce dernier les avantages suivants :

1° Occupation d'un emplacement beaucoup plus court, eu égard à l'amplitude de la course des pistons,

qui doit être d'autant plus grande que la transmission de mouvement a lieu sans l'intermédiaire de roues d'engrenage.

2° Absence d'ovalisation des cylindres et des stuffingbox, qui a toujours lieu, à la longue, dans la disposition horizontale pour des machines puissantes et de grande course.

3° Enfin, inflexion beaucoup moins grande des câbles sur les molettes, pour un même écartement du puits d'extraction.

Il est vrai que ce dernier inconvénient des machines horizontales peut disparaître, en élevant les cylindres à la même hauteur que les entablements qui supportent les paliers de l'arbre des bobines des machines verticales; mais aussi il en résulte une dépense de fondations et de maçonneries qui compense largement la différence de prix des entablements et des colonnes de support, surtout si l'on considère le prix très-faible que nous avons obtenu pour l'exécution de la machine du puits n° 12, eu égard à l'époque à laquelle la commande en a été faite; car si l'on y joint celui des trois générateurs confectionnés antérieurement, et qui a été de 13.187f,52, on trouve que cette machine verticale de 150 chevaux de puissance, avec appareil alimentaire, frein à vapeur et générateurs tout garnis, n'a coûté, montage compris, que 69.687f,52.

Les trois générateurs de la machine d'extraction du puits n° 12 sont cylindriques et terminés par des calottes hémisphériques. Ils ont 16 mètres de longueur sur 1m,60 de diamètre intérieur, et sont timbrés pour fonctionner sous une pression effective de trois atmosphères. La société de Haine-Saint-Pierre y a adapté six tubes bouilleurs de 14 mètres de longueur sur 0m,70 de diamètre intérieur, réunis chacun au corps de la Générateurs, fourneaux et appareils de sûreté.

chaudière par trois tubulures ellipsoïdales de $0^m,25$ sur $0^m,30$ d'axes intérieurs.

Les fourneaux, représentés en coupes (*fig.* 1 et 2, Pl. VIII), sont à flamme renversée. La flamme et les gaz chauds, à leur sortie du foyer, passent sous la chaudière dont ils enveloppent la moitié de la circonférence, en circulant au-dessus d'une voûte surbaissée en briques réfractaires qui la sépare des bouilleurs, puis reviennent, sous cette voûte, vers la partie antérieure du fourneau, en entourant les bouilleurs, et se rendent enfin à la cheminée d'appel par un conduit en maçonnerie B, construit derrière les cendriers. Cette cheminée d'appel, qui aurait dû être établie suivant l'axe longitudinal des bâtiments, si on l'eût construite à l'époque de l'érection de ceux-ci, est une ancienne cheminée qui avait servi au passage du niveau du puits n° 12. L'ouverture A, par laquelle ces gaz chauds pénètrent dans le conduit B, est fermée à volonté par un registre incliné C que le chauffeur manœuvre facilement, en agissant sur l'extrémité de sa tige D, qui passe le long de l'une des parois latérales du cendrier correspondant.

L'alimentation des générateurs, à l'aide de la machine A′ (*fig.* 3, Pl. VII), a lieu par la partie antérieure des bouilleurs, ainsi que le montre la *fig.* 1, Pl. VIII, le tuyau d'alimentation, qui part de la pompe à eau chaude, se trouvant logé dans un petit conduit en maçonnerie pratiqué en avant des fourneaux, sous le sol des chauffeurs, à l'entrée des cendriers. Des tuyaux transversaux se détachent de ce tuyau principal et débouchent dans le fond des bouilleurs, dont la pente vers les cendriers est de $0^m,20$ sur leur longueur.

La surface de chaque générateur et de ses bouilleurs, exposée à l'action de la chaleur, est de $100^{mq},6129$.

Si donc on admet que la surface de chauffe correspondante à la force d'un cheval-vapeur soit de $1^{mq},20$ environ, pour des générateurs semblables, alimentant une machine ayant des intermittences de marche et d'arrêts, comme en présentent les machines d'extraction, on trouve que la puissance de vaporisation de chacun des générateurs du puits n° 12, correspond à une force effective d'environ 84 chevaux-vapeur.

La longueur des foyers est de $2^{m},40$, savoir : $2^{m},20$ de grille et $0^{m},20$ de largeur de plaque existant à la partie antérieure du foyer. Quant à leur largeur, elle est de $1^{m},80$ sur laquelle existent 23 barreaux. Ces barreaux de grilles ont $0^{m},04$ d'épaisseur et un écartement de $0^{m},04$. La surface totale de grille, pour chaque générateur, est donc de $0^{mq},0393$, par mètre carré de surface de chauffe, et la surface libre, la moitié de celle-ci. La pente de la grille, vers l'autel, est de $0^{m},15$ sur sa longueur. La hauteur de l'autel au-dessus de la grille est de $0^{m},45$, et celle du générateur, de $0^{m},55$, mesurée au centre du foyer.

Les garnitures des générateurs et les appareils de sûreté dont ceux-ci sont munis ne présentent rien de particulier. Nous en excepterons toutefois les tubes indicateurs de niveau d'eau que j'ai cru devoir adopter, et de la marche desquels je suis extrêmement satisfait.

Ces tubes indicateurs, de l'invention de M. Devaux, inspecteur général des mines de Belgique, se trouvent décrits pages 224 et suivantes, du tome IX *des Annales des Travaux publics de Belgique*. On sait qu'ils ont pour but d'éviter les ruptures, si fréquentes, des tubes de verre des indicateurs ordinaires appliqués aux machines fixes, par l'interposition d'un réservoir d'eau et de vapeur entre le tube de verre et l'intérieur de la chaudière. Cette adjonction ingénieuse est très-efficace ;

car nous n'avons pas encore eu un seul tube de verre cassé, depuis qu'on en a fait l'application aux générateurs du puits n° 12.

Quant au système de fourneaux, j'ai préféré la disposition à flamme renversée à la disposition à flamme directe, parce qu'elle paraît être plus d'accord avec les principes que celle-ci, en ce sens qu'elle expose beaucoup moins à l'action de la chaleur les bouilleurs, c'est-à-dire les parties de la chaudière où les incrustations sont les plus fortes, en prévenant ainsi mieux les coups de feu, et en permettant d'alimenter les générateurs vers les points où la température est la plus faible, l'eau s'élevant ensuite graduellement dans les zones plus chaudes, à mesure que sa température s'élève.

Une expérience de plus de deux années confirme, de tous points, les espérances fondées sur cette disposition.

Frais de premier établissement de la machine d'extraction et de tous ses accessoires.

Les frais de premier établissement de la machine d'extraction, des générateurs, des massifs de fondation, des fourneaux, du hangar qui les recouvre et de tous les appareils de sûreté se sont élevés à 71.331f,85 répartis comme suit :

	fr.	
Générateurs.	13.187,52	prix de trois chaudières de 16 mètres de long' et 1m,60 de diamètre.
Machine.	38.500,00	prix de la machine, des bouilleurs et des garnitures des chaudières.
	1.800,00	frein à vapeur de la machine.
Fondations, fourneaux et hangar des générateurs.	11.689,37	corbeaux, tirants, charpente et maçonnerie.
Fondations de la machine.	1.311,48	pierres de taille.
	2.195,41	maçonnerie.
A reporter. . . .	68.683,78	

	fr.	
Report.	68.683,78	
Divers.	650,00	arrête-cages.
	1.240,11	escaliers, planchers, balustrades en fonte.
	757,96	sonneries et divers objets.
Total.	71.331,85	

Pendant la durée de l'exercice 1854—55, qui n'a renfermé que 227 jours de travail, on a extrait, par le puits n° 12, 151.415.990 kil. de charbon et de diverses matières. Les frais de service et d'entretien de la machine d'extraction et de ses accessoires se sont élevés à 31.025f,05, répartis comme suit: **Frais d'entretien et de service annuels.**

		fr.	fr.
Salaires.	De 2 machinistes.	2.912,00	6.381,20
	De 2 chauffeurs.	1.372,00	
	De nettoyeurs de machine.	624,00	
	De nettoyeurs de cendriers.	176,00	
	De brouetteurs de houille et de cendres.	624,00	
	De nettoyeurs de chaudières.	673,20	
Consommations.	De 31.815 hectol. de houille menue. .	22.616,25	24.391,58
	De 62 kil. d'acide muriatique.	5,46	
	De 244 kil. de bois de campêche. . . .	85,20	
	De 270 kil. de suif.	419,40	
	De 763 kil. d'huiles de colza et de pieds de bœuf.	1.023,82	
	De 142 kil. de chanvre, d'étoupes, etc.	241,45	
Entretien et réparations.	De la machine.	210,50	252,27
	De l'appareil alimentaire.	36,96	
	De l'arrête-cages.	4,81	
	Total.		31.025,05

Or, l'extraction de 151.415t,990 de diverses matières ayant eu lieu à la profondeur de 355 mètres, le travail utile effectué par la machine d'extraction, pendant toute la durée de l'exercice, a été de 53.752.676km.45. Par conséquent, ses frais d'entretien et de service annuels ont été de 0f,000.577, par 1.000km.

Câbles d'extraction.

Les câbles, employés pour l'extraction de la houille par le puits n° 12, sont semblables à ceux du puits n° 8. Ce sont également des câbles plats en aloès goudronné et à six aussières, mais réunies par une couture double, sortant des corderies anglaises d'Hornu, et qui ne diffèrent des précédents que par une augmentation de section, en rapport avec le surcroît de charge à élever.

Deux de ces câbles, placés le 28 février 1854, ont été mis successivement hors de service, l'un, celui d'en dessous, le 11 décembre 1854, et l'autre, celui d'en dessus, le 11 mars 1855. Ces deux câbles, enlevés du puits n° 12 par prudence, pour ne pas exposer la vie des ouvriers qu'ils servaient à remonter de la mine, ont même pu fonctionner encore, un certain temps, à un autre puits, le n° 7 (où l'extraction avait encore lieu par cuffats, à la profondeur de 410 mètres), mais qui, contrairement aux puits n° 8 et 12, sert de puits de sortie à l'air qui a parcouru les travaux souterrains, et renferme même un foyer d'aérage.

La longueur de chacun de ces câbles était de 480 mètres, c'est-à-dire de beaucoup supérieure à celle que comporte la profondeur du puits n° 12, augmentée de la partie comprise entre l'orifice du puits et les bobines, et de celle qui doit toujours rester enroulée autour du noyau des bobines. Cet excès de longueur avait pour but de rendre praticable le renouvellement de la partie supérieure voisine des molettes, et dite du relevage, au bout d'un certain nombre de mois de service, cinq ou six environ, en coupant le câble en un point situé à une centaine de mètres en dessous de l'embouchure du puits, et rattachant à la partie inférieure, au moyen d'une *épissure*, l'extrémité qui, jusque-là, était restée dans l'intérieur du noyau de la bobine sans travailler; car cette partie du relevage, la plus voisine des mo-

lettes, au moment où la cage pleine part du fond du puits, étant celle qui reçoit le plus de chocs et de fatigue, s'amincit et s'use beaucoup plus vite que la partie inférieure. Tous les quinze jours, et quelquefois seulement tous les mois, il est nécessaire également de rogner, de 2 à 3 mètres, le petit bout du câble, pour effectuer ce qu'on appelle le renouvellement de la lâche de la chaîne qui le termine, par suite du repliement au fond du puits de cette extrémité, quand les cages y sont en chargement, circonstance qui l'expose à se détériorer assez rapidement. Mais l'allongement qu'éprouvent les câbles, au bout de quelque temps de marche, suffit pour parer aux pertes provenant de cette dernière cause, sans qu'il soit nécessaire de leur donner, dans ce but, un surcroît de longueur.

Ces deux câbles étaient composés chacun de quatre parties de sections différentes, présentant les largeurs suivantes :

Première partie. — De $0^{m},225$ de largeur et de 180 mètres de longueur, composée de 6 aussières à 3 torons contenant chacun, pour le câble d'en dessous, 43 fils de caret ; de sorte que la section entière renfermait 774 fils de caret.

Deuxième partie. — De $0^{m},215$ de largeur et de 100 mètres de longueur, composée de 6 aussières à 3 torons, contenant chacun, pour le même câble, 40 fils de caret ; soit 720 pour la section entière.

Troisième partie. — De $0^{m},20$ de largeur et de 100 mètres de longueur, formée également de 6 aussières à 3 torons, mais contenant chacun, pour les deux câbles, 35 fils de caret ou 630 sur la section entière.

Quatrième partie. — De $0^{m},19$ de largeur sur 100 mètres de longueur, composée de même de 6 aussières à 3 torons, renfermant chacun, pour les deux

câbles, 33 fils de caret ; soit 594 sur la section entière.

Le poids total du câble d'en dessous était de 4.203 kil. ; poids moyen, par mètre courant, $8^k,76$ environ.

Le câble d'en dessus se composait de parties de même largeur que le câble d'en dessous ; mais la première ne renfermait que 756 fils de caret ou 42 par toron, et la seconde, 702 ou 39 par toron. Ces fils étaient un peu plus gros, ou un peu plus serrés que ceux des parties correspondantes du câble d'en dessous. Quant au poids total du câble d'en dessus, il était de 4.262 kil., et, par conséquent, le poids moyen, par mètre courant, de $8^k,88$.

Le câble d'en dessous a extrait, pendant la durée de son fonctionnement, un poids total de matières diverses de 60.137.686 kil., au puits n° 12, et un poids total de 23.508.351 kil., au puits n° 7. Comme la profondeur, dans le premier cas, était de 355 mètres, et, dans le second, de 410 mètres, le travail utile total effectué par ce câble a été de : $60.137.686^k \times 355^m + 23.508.351^k \times 410^m = 30.987.302.644^{km}$.

Le prix de l'aloès ayant été de $1^f,70$ le kil., le prix du câble a été de $7.145^f,10$. Par conséquent, chaque 1.000^{km} de travail utile a coûté $0^f,00023$.

Le câble d'en dessus a extrait, pendant la durée de son fonctionnement, un poids total de $81.492.389^k,5$ au puits n° 12, et un poids total de $11.052.917^k,5$, au puits n° 7. Son travail utile a donc été de : $81.492.389^k,5 \times 355^m + 11.052.917^k,5 \times 410^m = 33.461.494.447.000^{km}$. Son poids ayant été de 4.262 kil., il a coûté $7.245^f,40$. Par conséquent, chaque 1.000^{km} de travail utile a coûté $0^f,000.216$.

La durée des deux câbles, toutes choses égales d'ailleurs, étant dans le rapport inverse du prix de l'unité de travail produit, celle du câble d'en dessous n'a été

que les 0,94 environ de celle du câble d'en dessus. C'est à peu près le rapport que nous avons trouvé pour la durée relative des câbles du puits n° 8.

D'après ce qui précède, le travail utile moyen produit par les deux câbles a coûté $0^f,000.223$ par 1.000^{km}, c'est-à-dire $0^f,000.004$ de plus que celui des câbles du puits n° 8. Le contraire devrait certainement avoir eu lieu, si le poids mort, par unité de section, élevé à chaque ascension, n'avait pas été plus considérable dans le premier cas que dans le second, puisque l'inclinaison des câbles, au puits n° 12, qui varie, pour le câble d'en dessus, de 17 à 15°, et, pour le câble d'en dessous, de 24 à 28°, suivant que la cage est au fond ou à l'embouchure du puits, est de beaucoup inférieure à celle des câbles du puits n° 8, mentionnée page 65. Pour le démontrer, il nous suffira d'indiquer l'importance du travail mort effectué par les deux câbles, aux puits n°s 12 et 7, et de déterminer le coût de l'unité de travail.

En effet, le nombre de cages extraites par les deux câbles, pendant toute la durée de leur fonctionnement au puits n° 12, ayant été de $109.022^c,5$ du poids de 2.224 kilog., y compris celui des huit chariots vides qui y sont renfermés, et le nombre de cuffats extraits, par le puits n° 7, ayant été de 26.243 du poids de 500 kil., à vide, le travail mort occasionné par cette double extraction a été de : $109.022,5 \times 2.224^k \times 355^m + 26.243 \times 500^k \times 410^m = 91.455.259.002^{km}$. Si on y ajoute le travail utile déterminé précédemment, on trouve que le travail total produit par les deux câbles (*travail mort et travail utile*) a été de $155.904.056.000^{km}$, et comme leur prix était de $14.390^f,50$, il s'ensuit que chaque 1.000^{km} de travail total a coûté $0^f,000.092$, c'est-à-dire $0^f,000.024$ de moins qu'au puits n° 8.

On voit donc que les câbles du puits n° 12, eu égard à leur moindre inclinaison sur les molettes, sont dans de meilleures conditions de durée que ceux du puits n° 8 où l'inclinaison est beaucoup plus forte.

La différence que nous venons de signaler eût même été plus forte si les deux câbles avaient pu être usés complétement au puits n° 12, au lieu d'avoir séjourné pendant un certain temps, correspondant aux 0,22 du travail utile produit, dans un puits de sortie d'air qui renferme même un foyer d'aérage, et pour lequel l'inclinaison des câbles sur les molettes est peu différente de celle du puits n° 8.

Frais de service annuel.

L'installation du puits n° 12 ayant été déterminée en vue d'une production au moins double de celle du puits n° 8, c'est-à-dire pour une extraction annuelle d'environ 200.000 tonnes de diverses matières, telles que houille, déblais, charbon pierreux, etc., le travail utile des câbles dans de pareilles conditions est de $200.000^{t} \times 355^{m} = 71.000.000.000^{km}$. Or, nous avons vu précédemment que le prix de 1.000^{km} au puits n° 12 est de $0^{f},000223$; par conséquent, le prix du travail utile annuel des câbles y est de 15.833 francs. Si l'on y ajoute leurs frais de placement et de déplacement, qui s'élèvent à environ 40 francs en salaires, on trouve que les frais de service annuel des câbles du puits n° 12 sont de 15.873 francs pour une extraction utile de 200.000 tonnes.

Cages d'extraction et engins de suspension.

Les cages d'extraction du puits n° 12 sont construites sur les mêmes principes que celles du puits n° 8. Elles sont également à quatre étages séparés par un intervalle de $1^{m},05$; de sorte que leur hauteur totale jusqu'à la naissance du couvercle bombé en tôle qui leur sert de toit est de $4^{m},30$, comme pour celles du puits n° 8, et chaque étage a une longueur qui permet

d'y placer deux chariots à la file, dont l'introduction et la sortie ont lieu par les faces antérieure et postérieure.

Chaque étage est formé d'un châssis en fer battu, d'une seule pièce, de $2^m,44$ de longueur, $0^m,80$ de largeur, $0^m,09$ de hauteur, $0^m,015$ d'épaissseur sur les côtés latéraux, et $0^m,02$ sur ceux de devant et de derrière.

Ces châssis supportent deux rails à équerre en fer laminé, de $0^m,075$ de largeur, $0^m,05$ de hauteur, et $0^m,012$ d'épaisseur, sur lesquels se placent les chariots d'extraction. Un cinquième châssis, semblable aux précédents, forme la tête de la cage et reçoit les rebords de la couverture en tôle qui couronne celle-ci, et qui y sont fixés au moyen de petits boulons et d'écrous. Cette toiture est supportée, à ses deux extrémités, par deux arceaux en fer, boulonnés aux côtés latéraux du même châssis. Les faces antérieure et postérieure des quatre châssis inférieurs présentent des renflements ou bourrelets correspondant aux taquets mobiles dont il sera parlé ci-après, et qui sont établis à l'orifice du puits, au niveau de chaque recette. Ce sont ces bourrelets qui relèvent les taquets quand la cage sort du puits, et qui viennent ensuite reposer sur ces derniers quand on l'amène au niveau des recettes pour effectuer le déchargement et le rechargement de ses compartiments.

Les cinq châssis, qui divisent la cage en quatre compartiments d'égale hauteur sont fixés, au moyen de boulons et d'écrous, à huit montants en fer à T, semblables à ceux des cages du puits n° 8. Deux des quatre montants qui forment les angles de la cage portent, comme ceux des cages du puits n° 8, des cliches à charnières remplissant les mêmes fonctions. Elles ser-

vent uniquement, comme à ce dernier puits, à empêcher les chariots, en passant au niveau des recettes; de s'accrocher aux têtes de guides, disposés également dans le sens longitudinal des cages sur toute la profondeur du puits, et interrompus des deux côtés, en face des accrochages du fond et des recettes du jour. Les fers à T d'angles servent alors à guider les cages sur ces points, absolument comme nous l'avons indiqué pour les accrochages du puits n° 8.

Les galets ou mains de fer qui embrassent les guides ont les mêmes dimensions que celles des cages du puits n° 8, et sont fixées et disposées également de la même manière. Enfin, les parois latérales des cages sont, de même, garnies de planches fixées un peu au-dessus du bord supérieur des chariots renfermés dans chaque compartiment, pour mettre les ouvriers, qui s'y placent, à l'abri des fragments de roche ou de briques qui peuvent se détacher des parois du puits.

Ces planches, contre lesquelles frôlent les câbles d'extraction, les empêchent de s'user, comme cela aurait lieu si le frottement de ceux-ci se produisait contre les châssis ou les montants en fer des cages. C'est dans le niveau, sur 77 mètres de hauteur environ, que cet effet se produit le plus fréquemment, à cause de la faible section du cuvelage dont sont revêtues les parois du puits, qui a même exigé le rapprochement des guides des deux cages, de manière à forcer celles-ci à passer alternativement par les mêmes points sur une largeur d'espace de $0^{m},04$. C'est aussi à cause de cette étroitesse du puits, sur toute la hauteur du cuvelage qui retient les eaux du terrain crétacé, qu'on a dû renoncer à adopter pour les cages, une forme parfaitement rectangulaire. On a été obligé de donner à leurs châssis une

forme hexagonale, par l'adoption de deux petits côtés *d*, *d* destinés à marcher parallèlement à deux pans du cuvelage, en ne s'en écartant que de $0^m,06$.

Les cages sont suspendues aux câbles d'extraction, ou plutôt à la lâche ou patte qui termine ceux-ci, dont elle emprisonne l'extrémité, par quatre chaînettes en fer de Suède de première qualité, de 2 mètres de longueur, composées d'anneaux allongés de $0^m,09$ sur $0^m,063$ d'ouverture, et $0^m,019$ d'épaisseur. Ces chaînettes saisissent la cage par ses oreilles, et sont réunies deux à deux par deux anneaux de $0^m,17$ de diamètre intérieur, et $0^m,03$ d'épaisseur, suspendus aux œillets de la base d'une pièce en fer de Suède, dont l'œillet du sommet vient se loger dans une échancrure pratiquée au milieu du dos de fourchette que forme la patte qui termine le câble d'extraction. Un boulon en fer de Suède, de $0^m,16$ de longueur sur $0^m,04$ de diamètre, les réunit, et est armé à son extrémité d'une clavette et d'une flotte qui l'empêchent de s'en détacher pendant la marche de l'extraction. La lâche, ou patte qui termine le câble, aussi en fer de Suède, se compose de deux branches de $0^m,58$ de longueur sur $0^m,20$ de largeur, entre lesquelles est saisie l'extrémité du câble, qui y est maintenue par vingt rivets en fer de Suède; de $0^m,01$ de diamètre. L'épaisseur de ces branches est de $0^m,004$ au sommet de la lâche, de $0^m,015$ à la partie inférieure, au point où elles forment le dos de fourchette, découpé pour recevoir l'œillet de la tête de la pièce G mentionnée plus haut.

Ce mode d'attache, qui ne nous a jamais fait défaut, paraît infiniment préférable à celui qui consiste à terminer le câble par une boucle, en le repliant sur lui-même et réunissant les deux branches au moyen de platines de tôle et de boulons; car, dans ce dernier cas, le

câble est sujet à se couper sous l'action de l'étrier qui sert à y suspendre le vase d'extraction.

Une cage telle que nous venons de la décrire pèse 1.224 kil., et coûte 910f,36, savoir :

	fr.
8 montants en fer à T, pesant 240 kil. à 0f,44 l'un.	105,60
10 traverses en fer à T pour supporter les rails des compartiments de la cage, et pesant 55 kil. à 0f,44 l'un.	24,20
8 rails à équerre, pesant 208 kil. à 0f,34 l'un.	70,72
5 châssis en fer battu, pesant 400 kil. à 0f,35 l'un.	140,00
1 couvercle en tôle, pesant 74 kil. à 0f,265 l'un.	19,61
4 chaînettes en fer de Suède, pesant 78 k. à 0f,5825 l'un.	44,85
4 oreilles en fer forgé, pesant 33 kil. à 0f,265 l'un.	8,74
8 cliches en fer forgé, pesant 24 kil.	6,36
6 galets en fer forgé, pesant 18 kil.	4,77
2 barres de fer pour fermer le sol du compartiment inférieur, pesant 14 kil.	3,71
232 boulons et écrous, pesant 37 kil.	9,80
32 clames pour fixer les planches latérales pesant 4 kil.	1,06
8 planches en orme, pesant 40 kil.	7,20
Main-d'œuvre des forgerons.	175,00
— des ajusteurs.	170,00
Frais généraux de l'atelier de construction.	118,74
Total.	910,36

La lâche, ou patte qui termine le câble, pèse 10 kil., et coûte 27f,92. La pièce qui sert à lier les chaînettes de la cage à cette patte, pèse 7 kil., et coûte 8f,95. Enfin, le boulon de jonction pèse 3 kil., et coûte 2f,20.

Frais de service et d'entretien des cages. Pendant l'exercice 1854-55, les frais d'entretien et de réparation des cages d'extraction se sont élevés à 739f,02, c'est-à-dire à environ 0f,005 par tonne de matières amenées du fond à la surface.

Molettes. Les molettes du puits n° 12, représentées en coupe (*fig.* 13, Pl. VIII), ont 3m,50 de diamètre dans les gorges, 0m,1225 de hauteur de rebords, et 0m,26 de largeur de gorges. Leurs bras, croisés symétriquement comme le montre la figure, sont en fer laminé de 0m,04

de diamètre, et leurs extrémités, légèrement refoulées, sont noyées dans la fonte qui constitue le moyeu et la jante. Ces molettes sont d'une extrême rigidité, et en même temps d'une très-grande légèreté; car leur poids n'est que de 2.106 kil. Celui de leur tourillon, qui a $0^m,136$ de diamètre, $0^m,79$ de longueur totale, et $0^m,39$ entre les deux crapaudines, est de 64 kil. Quant à celui des frêtes latérales qui cerclent le moyeu, et des calles du tourillon, il est de 56 kil. Ce tourillon est en fer battu, et tourné à chaque extrémité sur une longueur de $0^m,20$. Il conserve, au milieu de sa longueur, une forme hexagonale semblable à celle du vide central du moyeu de la molette dans lequel il se loge.

Le prix d'une molette et de ses accessoires est de $939^f,29$, répartis comme suit :

	fr.
Molette proprement dite de 2.106 kil. à $0^f,35$ l'un. . .	737,10
2 crapaudines en fonte de 189 kil. à $0^f,35$ l'un.	66,15
2 *demi-coussinets* en bronze de 20 1/2 kil. à $3^f,50$ l'un.	71,75
4 boulons de crapaudines de 9 kil. à $0^f,70$ l'un.	6,30
2 frêtes en fer de 50 kil. ayant coûté.	25.70
1 tourillon en fer battu de 64 kil. ayant coûté.	30,85
Calles de 6 kil. ayant coûté.	1,44
Total.	939,29

Le montage et la pose de ces deux molettes ont coûté 36 francs. Par conséquent, leurs frais de premier établissement se sont élevés à $1.914^f,58$. Frais de premier établissement.

Les frais de service des molettes consistent uniquement dans le graissage de leurs tourillons, pour lequel on emploie 1/8 de kil. d'huile de pieds de bœuf à $1^f,65$, par journée de travail; soit donc, par année de 301 jours, une dépense de $62^f,08$. Frais de service annuel.

La faible largeur du puits, dans le cuvelage formant le niveau, a forcé de rapprocher les molettes le plus possible. Aussi, leurs centres n'ont-ils entre eux qu'un Châssis à molettes

écartement de $0^m,85$; de sorte que celui des jantes se trouve réduit à $0^m,55$. On a dû même entailler légèrement les sommiers qui portent les paliers voisins, de manière à permettre aux jantes de s'y loger avec un jeu suffisant pour les empêcher de frotter contre le bois, dans leur mouvement de rotation, celui-ci n'ayant pas lieu rigoureusement dans le même plan vertical, à cause de la légère voilure que présentent presque toujours les jantes. Les quatre sommiers sur lesquels sont montés les paliers des molettes, ont $5^m,15$ de longueur ; ceux du milieu, accolés, ont ensemble $0^m,515$ de largeur sur $0^m,48$ de hauteur, et les deux autres, $0^m,31$ de largeur chacun sur $0^m,48$ de hauteur. Ils reposent tous les quatre, par leurs extrémités, sur les chapeaux du châssis à molettes représenté, en élévation (*fig.* 13, Pl. VI).

Les semelles de ce châssis sont situées au niveau du sol de la recette inférieure, et sa hauteur jusqu'aux paliers des molettes est de 12^m50 ; de sorte que les axes de celles-ci se trouvent élevés au-dessus du sol extérieur de $15^m,50$; au-dessus du sol de la recette inférieure de $12^m,65$; au-dessus de celui de la seconde recette de $10^m,55$; et enfin au-dessus de celui de la troisième de $8^m,45$.

Les quatre montants du châssis à molettes ont 12 mètres de longueur, $0^m,45$ sur 0^m45 d'équarrissage au pied, et $0^m,33$ sur $0^m,33$ à la tête. Les chapeaux ont $4^m,50$ de longueur et $0^m,36$ sur $0^m,43$ d'équarrissage. Celui de derrière est arc-bouté par deux poussarts de $0^m,25$ sur $0^m,30$ d'équarrissage, contre un sommier de $0^m,35$ sur $0^m,30$ d'équarrissage, qui s'appuie (*fig.* 13) contre le mur antérieur qui supporte les entablements de la machine, au niveau même de ces entablements. Les poussarts sont reliés entre eux par des croix de

Saint-André, au châssis à molettes, par des jambes de force représentées *fig.* 13. Ils sont supportés également par des montants en bois, qui s'appuient sur les têtes de colonnes qui portent les sablières des plafonds des chambres du premier étage.

Enfin, ces mêmes poussarts portent deux petits châssis, à deux montants avec jambes de force, au sommet desquels sont les rouleaux mobiles *z*, *z* qui servent d'appui aux câbles d'extraction, entre les molettes et les bobines, quand la portion comprise entre ces engins se trouve détendue. C'est, en grande partie, à ce mode de liaison du châssis à molettes aux entablements de la machine, qu'on doit attribuer l'absence absolue de vibrations dans tout le système, quelle que soit la vitesse de fonctionnement de la machine.

Toutes les pièces qui composent le châssis à molettes sont réunies par tenons et mortaises, et rendues encore plus solidaires au moyen de forts tirants en fer. Ces tirants, arrondis et filetés à un bout, sont applatis à l'autre et placés dans l'intérieur de chaque angle. Ils sont fixés par le bout aplati, au moyen de vis à bois, à l'un des côtés de l'angle, et traversent entièrement l'autre côté, derrière lequel leur tension est opérée par écrou. Cette adjonction de tirants, aux angles formés par les différentes pièces qui composent le châssis à molettes, les rend, en quelque sorte, inébranlables, et n'est pas étrangère, non plus, à l'absence de vibrations que nous venons de signaler.

Frais de premier établissement.

Les frais de premier établissement du châssis à molettes du puits n.° 12, montage compris, se sont élevés à 3.434f,50, répartis comme suit, savoir :

	mèt.		mèt.	mèt.		Bois de chêne. mèt. c.	
2 semelles de	7,85	de longueur et	0,30 sur 0,45		d'équarrissage,	ou 2,119500	
4 montants de	12,00	—	0,45 sur 0,45 et 0,33 sur 0,33,			ou 7,473600	
2 chapeaux de	4,50	—	0,36 sur 0,43		—	ou 1,393200	
4 sommiers de	5,15	—	0,32 sur 0,45		—	ou 2,966400	
2 traverses de	4,95	—	0,16 sur 0,25		—	ou 0,396000	
2 traverses de	5,65	—	0,18 sur 0,27		—	ou 0,549180	
4 poussarts de	4,10	—	0,18 sur 0,13		—	ou 0,383760	
8 — de	3,70	—	0,18 sur 0,12		—	ou 0,639360	mc 20,689020
2 — de	5,00	—	0,20 sur 0,15		—	ou 0,300000	à
8 — de	3,05	—	0,16 sur 0,12		—	ou 0,468480	140f,00=2.896f,00
4 — de	3,70	—	0,16 sur 0,13		—	ou 0,307840	
2 traverses de	4,00	—	0,16 sur 0,24		—	ou 0,307200	
2 pièces de poussarts de	7,85	—	0,25 sur 0,36		—	ou 1,177500	
2 —	8,75	—	0,25 sur 0,30		—	ou 1,312500	
2 chapeaux de	3,75	—	0,22 sur 0,25		—	ou 0,412500	
2 montants de	4,00	—	0,20 sur 0,20		—	ou 0,320000	
2 — de	2,50	—	0,18 sur 0,18		—	ou 0,162000	
Chevilles, boulons, équerres et tirants en fer							237f,00
Main-d'œuvre							300f,00
						Total	3.434f,50

Recettes de l'embouchure du puits.

On a vu plus haut que les recettes sur lesquelles les chariots d'extraction sont déposés, à leur arrivée à la surface, sont au nombre de trois, R, R' et R'' (*fig.* 13, Pl. VI), séparées par un intervalle de $2^m,10$, égal au double de la hauteur d'un compartiment de cages.

Elles règnent toutes les trois autour du puits d'extraction, dans la partie antérieure du bâtiment principal, en avant du corridor transversal J, dont elles sont séparées par un mur de refend. Ce mur, contre lequel sont établis les petits escaliers latéraux M et N, qui mettent en communication les trois recettes entre elles, et celle du milieu avec le corridor J, est découpé sur une largeur de 3 mètres, en face du châssis à molettes, pour donner vue au machiniste sur le puits d'extraction.

La première recette R, ou recette à terres, et la seconde R', ou première recette à houille, occupent toute la largeur du bâtiment principal; tandis que la

troisième R″, ou seconde recette à houille, ne s'étend que jusqu'aux montants du châssis à molettes, ses bords étant garnis d'une balustrade en fonte qui sert de garde-fou. Toute la partie antérieure des trois recettes, sur la largeur du bâtiment et en avant du puits d'extraction, est recouverte de dalles en fonte de $0^m,015$ d'épaisseur. Il en est de même de la partie postérieure, mais seulement sur une largeur égale à celle de l'espace occupé par le châssis à molettes. Ce dallage en fonte sert à faciliter le roulage des chariots, soit à leur sortie des cages, soit à leur rentrée dans celles-ci, après le déchargement de la houille qu'ils contenaient. La circulation de ces chariots, de l'avant à l'arrière des recettes, a lieu au moyen de petits chemins de fer à rails à équerre établis de chaque côté du puits d'extraction et terminés, du premier côté, par des cœurs de rappel. Les chariots pleins sont extraits de la cage par la partie antérieure, et les chariots vides, qui doivent les remplacer, y sont introduits à la suite, mais par la partie postérieure, après avoir été préalablement placés à la file sur le plancher de recette.

Aux deux extrémités du côté antérieur de chacune des recettes R et R′, existent deux groupes de culbuteurs, qui en renferment chacun deux servant au déchargement des chariots amenés sur ces recettes. Un appareil élévateur, appelé balance et faisant l'office de plan automoteur vertical, est établi à la partie antérieure des recettes R′ et R″, et sert à descendre, sur la première, les chariots pleins déposés sur la seconde, et à les y remplacer par un pareil nombre de chariots vides, déchargés au moyen des culbuteurs de la première.

Les deux recettes supérieures, ainsi que nous l'avons

déjà dit, sont exclusivement destinées à la houille marchande, et les mêmes manœuvres y sont opérées simultanément, pour la sortie des chariots pleins des cages et la rentrée des chariots vides. La recette inférieure sert, au contraire, exclusivement au déchargement des terres ou des mauvais charbons qui peuvent arriver au jour, soit isolément, soit en même temps que la houille marchande. Dans ce dernier cas, comme elle n'est mise en activité que momentanément, elle est desservie par le personnel de la recette supérieure, qui n'a rien à faire à celle-ci, pendant tout le temps que les compartiments inférieurs des cages n'amènent à la surface que des chariots de terres ou de houille pierreuse.

Ce personnel est composé de trois hommes pour chaque recette, savoir : deux placés à l'avant, et un troisième à l'arrière. Les premiers, s'il s'agit des recettes inférieures, extraient les chariots des cages, les vident à l'aide des culbuteurs, et les envoient au troisième, qui les aligne derrière le puits d'extraction, et les introduit ensuite successivement, deux à deux, dans les cages. S'il s'agit, au contraire, de la recette supérieure, les premiers sortent également les chariots des cages, mais les envoient ensuite à la balance dont ils commandent les manœuvres, et conduisent enfin, à l'arrière de la recette, les chariots vides élevés par cet appareil.

Balance. La balance, établie à l'extrémité antérieure de la recette supérieure, se compose de deux petites cages semblables à celles de l'appareil élévateur du puits n° 8 que nous avons décrit, suspendues aux extrémités d'une chaîne qui passe sur la gorge d'une poulie, au sommet de laquelle elle est fixée. L'arbre de la poulie en porte une seconde liée à la première, et sur laquelle agissent les mâchoires d'un frein serré d'une

manière constante, par un contre-poids, et qu'on desserre en soulevant légèrement le levier qui le commande. Le wagon plein, qu'il s'agit de descendre, est introduit à la recette supérieure dans l'une des cages, en même temps que le wagon vide, qui doit le remplacer, est mis dans la seconde cage à la recette R'. Le verrou, qui retient la première suspendue au niveau de la recette R'', étant ensuite décroché, le mouvement de descente et de montée s'opère de lui-même, en soulevant légèrement le levier, qui permet de le modérer ou de l'accélérer à volonté. Cet appareil, construit aussi simplement que possible, atteint parfaitement son but en opérant très-régulièrement et très-rapidement la montée et la descente des chariots entre les deux recettes supérieures. Le verrou, qui sert à accrocher la cage supérieure au niveau de la recette R'', pour l'empêcher de faire un mouvement de descente, pendant l'introduction d'un chariot plein dans son intérieur, est une cliche verticale, mobile autour d'une charnière, et suspendue au côté antérieur du châssis qui porte l'arbre des poulies. La cage montante l'écarte comme un taquet, et vient ensuite s'accrocher à son encoche, par la bande antérieure du châssis supérieur, aussitôt que cesse son mouvement ascensionnel, dont l'amplitude, en vertu de la vitesse acquise, est toujours un peu supérieure à l'intervalle de $2^m,10$ compris entre les deux recettes.

Appareil à taquets pour la réception des cages.

Comme il pouvait arriver que, par une cause quelconque, la cage supérieure abandonnât le verrou avant que son chargement fût complet, en descendant un peu au-dessous du niveau de la recette R'', j'ai fait établir, pour la relever, un petit appareil à taquets fixes, situé au-dessous du plancher R'', dans une position qui lui permet de saisir la cage par son châssis

inférieur, quand on le met en mouvement. Les taquets, fixes sur leurs arbres de couche, sont maintenus abaissés dans une position verticale, en marche normale, pour ne pas gêner le mouvement des cages et leur laisser un libre passage. Ils sont commandés par un levier, et relevés au moyen de celui-ci, chaque fois qu'il s'agit de ramener au niveau de la recette supérieure le fond de la cage, descendue fortuitement un peu plus bas, avant l'achèvement de son chargement.

Les cages d'extraction, à leur sortie du puits n° 12, sont assises sur les taquets mobiles de deux appareils semblables à ceux du puits n° 8, établis au niveau de chaque recette. Seulement, chaque cage peut reposer sur quatre, huit ou douze taquets, suivant la position qu'on lui laisse prendre en face des recettes, et les arbres des taquets sont liés entre eux, d'une recette à l'autre, au moyen d'un système de leviers articulés et de tringles de renvoi, qui permet de les mettre tous en mouvement au moyen d'un seul levier, quand on doit les relever pour laisser descendre la cage dans le puits d'extraction. Il en résulte, pour chaque cage, un appareil complet possédant trois fois autant d'arbres de couche et de taquets mobiles que ceux du puits n° 8.

Les deux appareils destinés aux deux cages sont représentés en élévation (*fig.* 5, Pl. VIII). La simple inspection de cette figure suffit pour montrer le mode de liaison des six arbres de chaque appareil, au moyen de tringles de côté et de leviers articulés, qui peuvent être mis en mouvement pour relever les taquets ou les abaisser sur leurs patins de retenue, à l'aide du levier L qui se trouve fixé sur l'arbre antérieur de la recette du milieu. Ces taquets mobiles T, T..., soulevés par les bourrelets des côtés antérieurs et postérieurs des châssis des cages, à la sortie de celles-ci du puits d'ex-

traction, sont guidés dans leur mouvement de rotation autour des arbres de couche par des coulisseaux en fer S, S, établis à côté, et fixés sur les mêmes axes. Les taquets, relevés par la cage, sont arrêtés à une certaine hauteur dans leur mouvement de rotation, au moyen de petites chevilles en fer implantées dans l'une de leurs joues, et qui se logent dans une rainure circulaire pratiquée au travers des coulisseaux S, S. Ces chevilles rendent les taquets et les coulisseaux solidaires, de manière à les faire tourner, en même temps, pour laisser un libre passage à la cage vers le puits d'extraction, par l'abaissement du levier L.

Ce triple appareil à taquets, établi au-dessus de l'espace parcouru par chaque cage dans l'intérieur du puits n° 12, offre l'avantage d'atténuer, autant que possible, les chocs qui peuvent résulter de l'inattention du machiniste, dans l'exécution des manœuvres de réception. Il permet, en effet, à la cage, lorsqu'elle est descendue trop brusquement sur les taquets, de venir porter à la fois sur au moins huit d'entre eux, et quelquefois même sur 12, suivant la position dans laquelle elle se trouve; de telle sorte que le choc produit se trouve réparti sur huit ou douze points, au lieu de l'être simplement sur quatre, comme au puits n° 8 et aux puits anglais que nous avons visités. L'énorme poids des cages du puits n° 12 rendait indispensable l'adoption d'une telle disposition.

Quant aux trois appareils qui constituent l'ensemble des supports de réception de chaque cage, ils sont manœuvrés avec autant de facilité, et sans plus d'effort, qu'un appareil simple du puits n° 8.

Enfin, un porte-voix en zinc, établi sous le plancher de la recette supérieure, et qui va de l'avant du puits d'extraction à l'arrière de la machine motrice, sert à

donner au machiniste les signaux nécessaires, pour l'exécution des manœuvres de réception décrites plus haut. C'est l'un des deux ouvriers placés à la partie antérieure de la recette du milieu, celui même qui manœuvre le levier L des arbres des taquets, qui avertit le machiniste de la marche à suivre pour agir sur la cage. en l'élevant ou en la descendant au-dessus ou au niveau des recettes, pour décharger et recharger successivement les deux compartiments correspondants à ces dernières.

Frais de premier établissement des trois recettes de la surface, de la balance et de l'appareil à taquets de réception des cages.

Les frais de premier établissement des trois recettes de l'embouchure du puits et de tous les engins qu'elles possèdent, se sont élevés à 6.503f,55, répartis comme suit :

	Sommes partielles	Sommes totales
Recettes.	fr.	
Planchers et sommiers des trois recettes.	1.743,27	
173 dalles de fonte, pesant 8.645 kilogrammes à 0f,21 l'un.	1.815,45	
24 cœurs de rappel, pesant 260 kilogrammes à 0f,70 l'un.	182,00	
70m,80 de chemin de fer à équerre, pesant 441 kilogrammes à 0f,80 l'un.	352,88	fr. 4.903,16
10 colonnes en fonte pesant 1.166 kilogr. à 0f,195 l'un. . .	227,37	
Garde-fou. 17 petites colonnes pesant 623 kil. à 0f,22 l'un.	137,06	
Garde-fou. Balustrade, pesant 1.487 kilog. à 0f,27 l'un. .	401,49	
Un porte-voix en zinc.	43,64	
Appareil à taquets.		
12 arbres, 24 taquets, 8 tringles de renvoi, 24 patins, 96 boulons et 2 leviers en fer, pesant 964 kilog. à 0f,80 l'un.	771,20	1.004,00
18 crapaudines en fonte, pesant 582 kilog. à 0f,40 l'un. . . .	232,80	
Appareil élévateur.		
Charpenterie.	191,01	596,39
Forgerie.	405,38	
Total.		6.503,55

Frais d'entretien et de réparations des recettes et engins de réception.

Les frais d'entretien et de réparations des recettes et des engins qu'elles renferment sont d'une très-faible importance, et ne s'élèvent annuellement qu'à 20f.57. Dans cette somme n'est pas comprise la dépense occasionnée par le graissage des tourillons des arbres de couche et des taquets, attendu que l'huile employée à

cet usage provient de celle recueillie dans un petit réservoir placé sous les tourillons des molettes, et dont la valeur figure déjà au compte d'entretien des molettes mentionné précédemment.

Quant aux frais du personnel employé pour le service des recettes, ils font partie de ceux du triage de la houille dont il sera question ci-après.

Les cages du puits n° 12 sont guidées dans l'intérieur de celui-ci absolument de la même manière que celles du puits n° 8. Les guides et les traverses ont des dimensions identiques, dans les deux cas, et sont disposés tout à fait de la même façon. L'écartement des lignes de guides de chaque cage est de $2^m,48$, et le jeu laissé entre elles et les galets ou mains de fer qui les embrassent est, comme au puits n° 8, de $0^m,015$ latéralement et à chaque extrémité, pour rendre aussi doux que possible le passage des cages dans les angles, dus à la brisure de l'axe du puits. La pose des guides et des traverses a eu lieu, comme au puits n° 8, en allant de bas en haut, et en se servant des mêmes moyens. On l'a fractionnée en cinq parties ou passes, dans lesquelles l'inclinaison des guides a été établie de la manière suivante : Guides des cages.

A partir du fond du puits, et sur 60 mètres de hauteur, les quatre lignes de guides s'élèvent d'aplomb. Première passe.

Sur cette seconde passe, dont la hauteur est de 110 mètres, l'inclinaison des guides d'une cage est intérieurement de $0^m,001$ par mètre courant, et leurs faces latérales continuent à s'élever d'aplomb. Deuxième passe.

Sur la troisième passe, dont la hauteur est de 98 mètres, l'inclinaison interne est de $0^m,06$ sur toute la longueur de la passe, ou d'environ $0^m,0006$ par mètre courant, et l'inclinaison latérale de $0^m,000325$ par mètre courant, pour les deux guides d'une même cage; Troisième passe.

mais les deux autres ont été rapprochés graduellement des premiers, de manière à ce que le jeu laissé entre les cages jusque-là, et qui était de $0^m,06$ depuis le fond du puits, disparût graduellement et devînt même négatif de $0^m,04$ à la tête de la passe, pour permettre aux cages de pénétrer dans le niveau et d'y circuler sans toucher au cuvelage.

Quatrième passe. La quatrième passe, de 77 mètres de hauteur, s'étend depuis la base jusqu'à la tête du cuvelage du niveau. Les guides des deux cages s'y élèvent parallèlement, avec une inclinaison latérale de $0^m,005$ par mètre courant, et une inclinaison interne de $0^m,003$ par mètre courant.

Cinquième passe. Enfin, sur 12 mètres de hauteur, à partir de la tête du cuvelage, les guides s'élèvent verticalement jusqu'à l'embouchure du puits, en conservant entre eux le même écartement que dans la passe précédente.

Le montage des guides et des traverses a exigé l'emploi de 320 postes de 4 ouvriers, de 6 heures de durée, y compris l'équarrissage du puits sur une certaine hauteur, pour y loger un guide, et qui a absorbé le travail de 14 postes.

Frais de premier établissement. L'armature complète du puits, en guides et traverses, a coûté 9.815 francs, répartis comme suit :

En salaires :

	fr.
343 journées de charpentiers, pour pose, à $2^f,40$ l'une.	823,20
315 journées de charpentiers, pour pose, à $2^f,50$ l'une.	787,50
49 journées pour façon de calles, à $1^f,50$ l'une	73,50
151 journées pour façon des guides, à $2^f,50$ l'une. . .	377,50
Bénéfice prélevé par l'atelier de charpenterie pour outils, etc.	309,88
Salaires des mineurs.	2.790,55

En consommations :

$30^{mc},230$ de bois pour guides et traverses, à $115^f,00$.	3.476,45
$1^{mc},190$ de bois pour calles, à $76^f,00$.	90,44
A reporter	8.729,02

Report	8.729.02
Diverses règles pour la pose des guides et des traverses.	12,96
Échafaudages pour la pose des guides et des traverses.	55,12
Clefs à vis	8,25
Boulons et rondelles	85,20
Patins en bois	11,61
136 pieds de madriers pour échafaudages	17,68
Houille	421,60
Voiturage de la houille	18,55
Huile de colza ordinaire	180,10
— épurée	45,20
Coton à mèches	2,20
Suif	32,25
Graisse	10,60
Savon	0,50
Cordages	36,00
Placement de corde	6,00
Mannes en osier	4.05
Couvertures d'étoupes	11,96
Balais	1,50
Acier	3,68
Fer	1,50
Clous	4,68
Ficelles	1,25
Bois de campêche	10,80
Acide muriatique	1,08
Toile	1,00
Étoupes	2,25
Outils de charpentiers	21.63
Mitrailles	6,60
Vis à bois	70,00
Paille	0,18
Total	9.815,00

Si on ajoute à cette somme les frais de surveillance, composés de 36 journées de porions et de 144 journées de gardes de baraque, s'élevant à 348 francs, on trouve que l'armature complète du puits n° 12, en guides et en traverses, a coûté 10.163 francs, c'est-à-dire 28f,63 par mètre courant. Frais de service.

Les frais de service annuel ou d'entretien et de réparations de l'armature du puits n° 12 sont plus élevés

qu'au puits n° 8, à cause de la plus forte inclinaison du terrain houiller, qui y rend plus sensible l'action des poussées latérales. Aussi doit-on y remplacer plus souvent des guides et des traverses, ou corriger les effets du dérangement des parties sur lesquelles l'action des poussées latérales se fait sentir, quand les exploitations inférieures se rapprochent du puits d'extraction. Pendant l'exercice 1854-55, ces frais se sont élevés à 883f,49.

Accrochages ou recette du fond du puits.

Les accrochages établis au bas du puits n° 12 sont au nombre de deux, disposés comme ceux du puits n° 3, en regard des faces antérieure et postérieure des cages, et séparés, comme ceux-ci, par un intervalle de 1m,05, équivalent à la hauteur d'un compartiment de cages. Ces accrochages sont représentés, en plan et en coupe longitudinale (*fig.* 6 et 7, Pl. VIII). Ils sont divisés chacun, au milieu de leur hauteur, en deux étages correspondant exactement au niveau des rails des compartiments des cages, et forment ainsi quatre recettes distinctes, se trouvant exactement dans l'alignement de ces derniers, de manière à permettre d'en opérer simultanément le déchargement et le rechargement, les guides F, F... étant interrompus et remplacés, comme à la tête du puits, par six montants d'angles G, G, G...

Les cages, à leur arrivée au bas du puits d'extraction P, sont assises sur deux sommiers transversaux A, A, encastrés dans ses parois, et reposant sur le fond; de telle sorte que le compartiment inférieur se trouve au niveau de la recette inférieure de gauche, le second compartiment, au niveau de la première recette de droite, et enfin les deux compartiments supérieurs, respectivement au niveau des recettes supérieures de gauche et de droite.

Chaque place d'accrochage s'étend sur une longueur

d'environ 8 mètres et porte, au milieu de sa hauteur, un plancher en fonte qui forme le sol de son compartiment supérieur et qui est terminé, ainsi que son plancher inférieur, par des cœurs de rappel *b*, *b*, destinés à faciliter l'introduction des chariots dans les cages, comme au puits n° 8. L'accrochage est ensuite prolongé jusqu'à la rencontre des galeries d'exploitation R et MN, mais seulement sur une hauteur moitié moindre, en partant du niveau du plancher supérieur. De chaque côté du puits d'extraction, dans l'une des parois des accrochages, sont creusées des niches parfaitement boisées et dans lesquelles sont logées des balances ou appareils élévateurs H, H, semblables à celui de la surface dont nous avons donné la description, et qui ont la même destination. Ils servent à descendre, de la recette supérieure à la recette inférieure, moitié des chariots pleins conduits aux accrochages par les rouleurs, et à monter en même temps, de la seconde à la première, les chariots vides extraits des cages et qui doivent être envoyés aux chantiers d'abatage par les galeries supérieures. Enfin, les parties supérieures des deux accrochages ayant entre elles une différence de niveau de 1^{m}.05, sont mises en communication par une galerie transversale de faible pente en raison de son développement, qui permet de leur distribuer convenablement les chariots pleins à leur arrivée des chantiers d'abatage, de façon à ce que le chargement des cages puisse toujours être effectué d'une manière uniforme aux quatre recettes.

Le service de chaque recette est opéré par un seul homme, qui attire à lui, soit à la main, soit à l'aide d'un crochet, les chariots vides qui se présentent à l'arrivée de la cage au fond du puits, et qui y pousse ensuite, à la place, les deux chariots pleins qu'il a eu

soin d'arranger convenablement à la file par derrière, avec l'aide des rouleurs, pendant la durée de l'ascension précédente. Un homme spécial est, en outre, employé à chaque recette supérieure pour faire jouer l'appareil élévateur qui s'y trouve établi, les chariots pleins y étant conduits par les rouleurs eux-mêmes, tandis que les chariots vides sont amenés à la partie inférieure par un gamin qui les prend à l'entrée de l'accrochage, à leur sortie des cages d'extraction. Quand le chargement de la cage, arrivée au fond du puits, ne peut avoir lieu par le manque de chariots pleins, comme cela se présente lorsque le transport intérieur est en retard sur l'extraction, l'homme placé à la recette la plus élevée en avertit les ouvriers de la surface au moyen d'une sonnette suspendue au châssis à molettes, dont le cordon en fil de fer, semblable à celui de la sonnette du puits n° 8, descend également jusqu'au fond du puits, en passant de 50 en 50 mètres dans les anneaux mobiles de petits pitons fixés à une rangée de traverses de guides. J'ai fait établir, comme pour la machine d'extraction, une seconde sonnette indépendante de la première, avec cordon situé de l'autre côté du puits, afin d'en avoir toujours une disponible si la première, par une cause quelconque, venait à faire défaut pendant la marche même de l'extraction.

Frais de premier établissement.

Les frais de premier établissement des deux accrochages, des planchers de recettes, des appareils élévateurs avec leurs niches et des deux sonnettes dont il vient d'être question se sont élevés à 4.042f,55 répartis comme suit :

		fr.	fr.
Percement et boisage de deux accrochages de 8 mètres de longueur sur 4m,20 de hauteur.	Main-d'œuvre..	480,00	843,00
	Bois.	320,00	
	Poudre.	25,00	
	Huile.	18,00	
	A reporter		843,00

Report.		843,00
Établissement de quatre planchers en fonte à 8 mètres de longueur, avec les cœurs de rappel qui les terminent.	2.340 kilogr. de fonte à 0f,18. . 421,20 119k,70 de fer à 0f,70. 83,30	504,50
Creusement et boisage de deux niches pour recevoir les appareils élévateurs.	Main-d'œuvre. . 160,00 Bois. . . . . . . 100,00 Poudre. . . . . . 10,00 Huile. 7,50	277,50
Planchers en fonte et cœurs de rappel, en avant des appareils élévateurs.	1.800 kilogr. de fonte à. . . . . 0,18 119 kilogr. de fer à. 0,70	407,30
Construction et montage des appareils élévateurs.	Charpenterie. . 171,86 Forgerie. . . . . 691,32 Montage. 18,75	881,93
Établissement des sommiers du fond du puits et des six montants qui servent à guider les cages aux angles, en face des recettes.	Main-d'œuvre. . 189,75 Bois. . . . . . . 260,75 Fer. 255,28	705,78
Deux sonnettes et accessoires, avec cordons en fil de fer.		422,54
Total.		4.042,55

Frais de service.

Pendant l'exercice 1854-55, les frais d'entretien et de réparations des accrochages et des engins qu'ils renferment se sont élevés à 2.172f,30, savoir :

1.079f,10 pour les accrochages proprement dits, 864f,65 pour les niches des appareils élévateurs et 228f,55 pour les appareils élévateurs eux-mêmes.

Ces dépenses ne sont aussi importantes qu'à cause du peu de consistance du terrain dans lequel sont établies les recettes et les niches des balances et de l'effet des poussées latérales, beaucoup plus intenses qu'au puits n° 8, par suite d'une plus forte inclinaison des couches. Quoi qu'il en soit, si le puits n° 12 eût fonctionné pendant toute la durée d'un exercice complet comme le puits n° 8, c'est-à-dire pendant 301 jours, en extrayant environ le double de produits de ce dernier, soit environ 200.000 tonnes, on eût dû employer aux accrochages : 4 chargeurs de jour, 3 de nuit, 2 gouverneurs de balances de jour et 1 de nuit, 2 gamins de jour pour conduire les chariots du pied des balances

aux chargeurs des recettes du fond et 1 gamin de nuit pour le même travail. Les frais de service des recettes se seraient alors élevés à 10.811 francs répartis comme suit :

		fr.
Pour 1.204j de chargeurs aux cages, de jour, à	2f,80	3.371,20
Pour 903j de chargeurs aux cages, de nuit, à	2f,60	2.347,80
Pour 602j de gouverneurs de balances, de jour, à.	1f,80	1.083.60
Pour 301j de gouverneurs de balances, de nuit, à.	1f,60	481,60
Pour 903j de gamins, de jour et de nuit, à. .	1f,50	1.354.50
Pour réparations des accrochages.		1.079,10
— des niches de balances.		864,65
— des balances.		228,55
Total.		10.811,00

Soit 0f,054 par tonne de matières extraites du fond de la mine à la surface.

Déchargement des chariots à la surface. Le déchargement des chariots pleins sortant des cages à la surface est opéré par 8 culbuteurs, savoir : par 4 établis en avant de la seconde recette, s'il s'agit de houille marchande, et par 4 placés au-dessous des premiers à l'avant de la recette inférieure, s'il s'agit de terres ou de charbons pierreux. Ces 4 derniers débouchent au-dessus de trémies qui servent à conduire les matières sortant des chariots, dans de grands wagons amenés par dessous au moyen d'un embranchement de voie ferrée. Les 4 supérieurs sont établis, au contraire, comme ceux du puits n° 8, au-dessus du plancher incliné qui forme la tête des grilles de séparation de la chambre de triage, située sur le prolongement du bâtiment principal.

Ces culbuteurs sont représentés en S, S (*fig.* 13, Pl. VI; *fig.* 1, Pl. VII; *fig.* 11 et 12, Pl. VIII).

La *fig.* 13, Pl. VI, montre l'un des culbuteurs de la recette inférieure dans sa position horizontale habituelle,

quand le chariot qu'on y a introduit se trouve entièrement vidé, et l'un de ceux de la seconde recette au moment où le poids d'un chariot plein le renverse en avant. Ces culbuteurs ne diffèrent de ceux du puits n° 8 que par les dimensions un peu plus fortes des différentes pièces qui les composent.

L'introduction des chariots dans les culbuteurs s'opère, comme au puits n° 8, avec la plus grande facilité au moyen des cœurs de rappel *d*, *d* (*fig.* 1, Pl. VII) qui les terminent du côté des recettes et qui sont boulonnés sur les dalles en fonte formant le plancher de celles-ci.

Les frais de premier établissement des huit culbuteurs se sont élevés à 1.155f,84, savoir : Frais de premier établissement.

	fr.
696 kilogrammes de fer à 0f,80.	556,80
784 kilogrammes de fonte à 0f,40.	313,60
Charpenterie.	285,44
Total.	1.155,84

Les frais d'entretien et de réparation des huit culbuteurs se sont élevés pendant l'exercice 1854-55 à 151f,74. Frais de service. Si l'extraction eût été opérée pendant l'année entière, en amenant au jour environ 200.000 tonnes de diverses matières, cette somme eût été vraisemblablement augmentée d'un tiers et portée à environ 200 francs.

Le clicage ou atelier de triage qui forme le prolongement du bâtiment principal, en avant du puits d'extraction, est représenté en plan (*fig.* 10, Pl. VIII) et en coupe longitudinale (*fig.* 13, Pl. VII). Chambre de triage et engins qu'elle renferme.

A la suite des plans inclinés au-dessus desquels sont établis les deux groupes de culbuteurs S, S de la recette du milieu R' existent deux grilles A, A', inclinées de 25°, ayant 3 mètres de longueur, 2m,58 de largeur, et composées de barreaux en fonte de 0m,028 de largeur écartés de 0m,03. Deux autres grilles horizontales B, B', de 2m,27 de largeur sur 1m,30 de longueur,

en forment le prolongement et servent, comme au puits n° 8, à séparer des gaillettes et des gailleteries, descendues le long des grilles A, A′, les quelques fragments de menue houille qui peuvent encore s'y trouver mélangés.

En avant des culbuteurs, vers la tête des grilles A, A′, existent, comme au puits n° 8, deux tabliers en bois T, T (*fig.* 13, Pl. VI), formés de pièces articulées et même rabattues en partie sur ces grilles, pour modérer la vitesse de descente de la houille ou l'empêcher d'être projetée trop loin à sa sortie des chariots. La houille menue qui s'échappe par les vides des grilles A, A′ est conduite par une trémie en bois dans des wagons amenés par dessous au moyen du second embranchement de voie ferrée *m* (*fig.* 12 et 13), situé sous le clicage. Un petit tablier incliné, construit sous chacune des grilles B, B′ et garni de planches latéralement, s'avance jusqu'au-dessus de ces wagons pour y conduire le menu qui passe par les vides ménagés entre leurs barreaux. Deux ouvertures *c*,*c*′ (*fig.* 10, Pl. VIII), pratiquées en avant de ces grilles dans le plancher du clicage et garnies de trémies inférieures, servent à introduire les gailleteries dans une seconde série de wagons amenés par-dessous au moyen de l'embranchement de voie ferrée *n*. Enfin, les deux ouvertures E, E′, ménagées dans le plancher du clicage à sa partie antérieure, servent à opérer le chargement des gaillettes dans d'autres wagons amenés par-dessous au moyen du quatrième embranchement de voie ferrée *p*.

Quant à la houille pierreuse et aux déblais, ils tombent directement, à leur sortie des chariots vidés par les culbuteurs inférieurs, dans deux wagons amenés sous la trémie établie en avant de ceux-ci au moyen du premier embranchement de voie ferrée *l*.

Le triage de la houille marchande est opéré de la manière la plus simple. Trois tourneurs, armés de rateaux à dents de fer et placés en avant de chacune des grilles B, B', attirent à eux les gaillettes descendues sur celles-ci, et les poussent à portée de la main d'un autre tourneur établi dans l'intérieur d'un wagon amené sous chacune des ouvertures E, E'. Ces gaillettes sont prises par ce quatrième ouvrier, et déposées convenablement, à la main, dans le wagon où il se trouve placé. Il y introduit également les gaillettes plus petites qui, échappant aux rateaux des trois premiers ouvriers, lui sont apportées, dans une manne en osier, par une fille qui les ramasse sur la grille horizontale. Les gailleteries, séparées des gaillettes, sont éparpillées, au rateau, sur les grilles B, B', pour en dégager le menu entraîné sur ces grilles, et attirées ensuite en avant, vers les ouvertures C, C' par lesquelles les trois premiers tourneurs les forcent à descendre dans les wagons inférieurs. Des enfants, distribués à droite et à gauche des grilles de séparation, ramassent les pierres et le mauvais charbon qui se présentent et les transportent, dans des mannes en osier, ou au moyen de brouettes, sur le *dommage* ou halde du puits, par les rampes latérales qui aboutissent aux portes de sortie D et D'.

Triage de la houille.

Lorsque la houille ne doit pas être divisée en gaillettes, gailleteries et fines, ou ne doit l'être que partiellement, on la fait tomber directement dans les wagons amenés sous les trémies des grilles de séparation, en la forçant à passer par une ouverture centrale, pratiquése dans le grilles B, B' par l'enlèvement de deux ou trois barreaux. L'excédant de gaillettes et de gailleteries qui doit être retiré du tout-venant, est ensuite amené par côtés, et poussé vers les ouvertures C, C', E, E', pour être chargé dans les wagons inférieurs, comme nous venons de l'indiquer.

Pour éviter les complications de manœuvres, dans la circulation des wagons sous le clicage, on ne charge d'abord ceux-ci que partiellement, en les amenant sous les grilles A, B, ou sous les ouvertures C, E les plus rapprochées de la tête des embranchements de voie ferrée; puis on les fait filer sous la seconde série de grilles A'. B', ou d'ouvertures C', E', où on en achève ensuite le chargement. Au reste, chaque ligne de voie ferrée pouvant contenir trois wagons sur toute la largeur du clicage, on peut toujours en tenir un stationnant, chargé ou non, entre les deux autres en chargement sous les grilles ou les ouvertures du plancher. Les wagons chargés sont ensuite poussés à la main, vers l'aval du clicage, où on les fait pénétrer dans la voie à charge à laquelle aboutissent les quatre embranchements *l*, *m*, *n* et *p*. Les wagons vides, amenés en amont du clicage, par une seconde voie principale à laquelle aboutissent ces quatre embranchements, sont distribués convenablement dans ceux-ci par les tourneurs eux-mêmes.

L'existence d'un chemin vicinal, qu'il a fallu respecter, entre la seconde voie principale et le hangar de clicage, n'a pas permis d'ouvrir une porte centrale dans la façade antérieure, comme au puits n° 8, pour les besoins du service. On a ainsi été obligé de mettre en communication l'intérieur du clicage avec la halde du puits par des rampes latérales aboutissant aux portes D et D'.

Quant à la communication de la chambre de triage avec les recettes du puits, elle est établie au moyen d'une porte ouverte au niveau de la recette inférieure dans le mur antérieur du bâtiment principal, au milieu de l'intervalle qui sépare les deux groupes de culbuteurs inférieurs.

Toutes ces dispositions permettent, comme on le voit, d'agir avec la célérité la plus grande possible dans l'exécution de toutes les manœuvres qu'exige le

triage de la houille, et de desservir ainsi la production la plus élevée que puisse fournir le puits. Nous avons pu constater que, si celle-ci s'élevait même à 12 ou 13.000 hect. de houille, en 12 heures de travail, rien ne s'opposerait à ce que le triage complet des produits obtenus se fît avec la plus grande célérité, sans occasionner le moindre ralentissement dans la marche de l'extraction.

Un autre avantage que présente cet agencement de clicage, c'est de permettre de séparer, à volonté, les produits d'une couche de ceux des autres couches exploitées au même puits. Il suffit, pour cela, de désigner dans la mine, par un signe particulier, les chariots qui les renferment, et d'affecter un groupe de culbuteurs et de grilles de séparation au déchargement et au triage de ces produits. Cet avantage est très-important, puisqu'il permet de choisir à volonté, dans le tout-venant sortant de la mine, les produits de la couche qui donne les plus belles gaillettes, quand on doit en retirer une certaine quantité de celles-ci, le commerce s'attachant, en général, plus à la forme et à l'aspect de cette qualité, quand on la lui livre isolément, que lorsqu'elle fait partie du tout-venant.

Personnel employé pour la réception des cages et le triage de la houille.

Le personnel employé à la réception des cages, à l'embouchure du puits, et au triage de la houille, varie suivant que celle-ci est divisée en plusieurs qualités, ou chargée directement dans les wagons de la surface, pour être envoyée au lieu de dépôt telle qu'elle sort de la mine. Pour une extraction de 6 à 7.000 hectolitres de houille, opérée en 12 heures de travail, on emploie dans le premier cas 32 tourneurs à 2^{f},25, et 4 filles à 0^{f},90 par jour, et dans le second, 25 tourneurs. Ce personnel ne comprend pas, bien entendu, le nombre, plus ou moins grand, d'enfants employés au ramassage des pierres et des mauvais charbons qui peuvent se trouver mélangés à la houille marchande, en quantité

variable suivant le degré de pureté des couches en exploitation et le plus ou moins de soins apportés à leur abatage. Les 36 personnes utilisées, dans le premier cas, sont distribuées de la manière suivante :

6 tourneurs placés à deux recettes, pour recevoir les chariots, les décharger au moyen des culbuteurs, et faire toutes les manœuvres nécessitées par la substitution de chariots vides aux chariots pleins amenés par les cages à la surface.

3 tourneurs ayant la même destination que les premiers, mais se reposant pendant la durée du travail de ceux-ci.

6 tourneurs faisant le service des grilles de séparation, et 3 au repos.

3 tourneurs employés au chargement des gaillettes, et un au repos.

6 tourneurs, placés sous le clicage, pour la manœuvre des wagons dans les embranchements de voie ferrée, et l'égalisage des têtes de chargement de gailleteries et de fines.

1 tourneur, placé en tête des embranchements de voie ferrée, pour y distribuer convenablement les wagons vides amenés par la voie principale.

1 tourneur, placé à l'extrémité opposée du clicage, pour conduire dans la seconde voie principale (marche à charge) les wagons chargés, et les réunir en convoi par leurs chaînes d'attache.

2 tourneurs au repos, remplaçant alternativement deux des huit derniers, et 4 filles employées sur les grilles horizontales au ramassage des petites gaillettes.

Ce personnnel coûte 75f,60 par journée de travail.

Dans le second cas, quand on se borne à charger la houille dans les wagons, telle qu'elle sort de la mine, on supprime les 4 tourneurs affectés au chargement des gaillettes, et 3 de ceux placés à l'avant des grilles de séparation, ainsi que les 4 filles; de sorte que les

frais de personnel se trouvent réduits à 56f,25 par jour.

Frais d'entretien et de réparations de l'atelier de triage.

Pendant l'exercice 1854-55, les frais de réparations du plancher, des trémies des grilles de séparation, et du hangar de clicage se sont élevés à 417f,23.

Frais de premier établissement du clicage et de tous les engins qu'il renferme.

Les frais de premier établissement de l'atelier de triage et du hangar qui l'abrite se sont élevés à 10.277f,49, répartis comme suit, savoir :

		fr.	fr.
Hangar du clicage.	Charpente	679,25	2.071,05
	Corps du hangar	1.120,00	
	Toiture	271,80	
	18 colonnes de support pesant 3.095 kil. à 0f,19		588,05
Grilles de séparation.	96 barreaux de grilles inclinées pesant 3.592 kilog. et 88 barreaux de grilles horizontales, pesant 1.301 kilogr. à 0f,20		978,60
Plancher, tabliers, bordures des grilles et trémies.	Bois	3.333,54	3.466,74
	Tôle et fer, 370 kilogr. à 0f,36	133,20	
Embranchements de voie ferrée.	198 mèt. de chemin de fer à 13f,27 l'un	2.627,46	3.036,24
	12 aiguilles à 14f,16 l'une	169,92	
	6 plaques de croisement à 39f,81	238,86	
	Pavement du dommage		136,81
	Total		10.277,49

CONCLUSIONS.

Des indications qui précèdent, il résulte :

Récapitulation des frais de premier établissement.

1° Que l'installation complète du puits n° 12, pour l'extraction et le triage de la houille, a coûté, en frais de premier établissement, 167.967f,74, savoir :

	fr.
Bâtiment principal	56.413,35
Machine d'extraction, générateurs, fourneaux, hangar qui les abrite, appareils alimentaire et de sûreté	71.331,85
Trois cages d'extraction dont une de rechange	2.731,08
Molettes et accessoires	1.914,58
Charpente des molettes	3.434,50
Recettes de l'embouchure du puits et appareils de réception	6.503,55
Armature du puits	10.163,00
Recettes du fond du puits et appareils accessoires	4.042,50
Culbuteurs	1.155,84
Atelier et engins de triage	10.277,49
Total	167.967,74

2° Que les avantages qu'elle permet de réaliser sur celle qui aurait pour but d'obtenir la même production annuelle, au moyen de cuffats, s'élèvent, par année de travail, à la somme de 134.939f,95, ainsi que le montre le tableau suivant, qui a rapport à une extraction double de celle qu'a produit le puits n° 8, pendant l'exercice 1853-54, et dont les éléments, de même nature que ceux du tableau de la page 8, ont une importance qui dépend à la fois du chiffre d'extraction et des conditions de fonctionnement des divers appareils du puits n° 12, décrits ci-dessus.

DÉSIGNATION DES SERVICES.	DIFFÉRENCE OBTENUE en faveur du nouveau mode d'extraction sur l'ancien.	
	En plus.	En moins.
	fr.	fr.
Entretien annuel des vases d'extraction.	7.052,98	
— du puits d'extraction.	197,50	
Recettes du fond du puits : Frais de personnel pour l'ancien système. . . . 12.432f ; Frais de personnel pour le nouveau système. . 10.811f	1.621,00	
Entretien des appareils accessoires des recettes du fond du puits.	»	1.093.20
Entretien des recettes et engins de réception et de déchargement à la surface.	1.792,59	
Câbles d'extraction, pour un travail utile de 71.000.000 dynamies, la différence de prix de chaque dynamie, entre les deux modes d'extraction, étant de 0f,000223 — 0f,000158 = 0f,000065.	»	4.615,00
Frais de personnel à la surface, pour la réception et le triage complet de 2 × 781 548 hectolitres de houille marchande, pendant 301 jours.	4.936,40	
Augmentation du prix de vente, par la réduction du déchet des gaillettes et des gailletteries sur 2 × 781548 = 1.563096 hectolitres de houille marchande	125.047,68	
Économie totale réalisée par le nouveau mode d'extraction sur l'ancien.	»	134.939,95
Total égal.	140.648,15	140.648,15

DE LA FABRICATION DES RAILS

SPÉCIALEMENT DANS LES USINES A FER DU PIÉMONT PAR L'EMPLOI DES LIGNITES.

Par M. ROSSI,
major du génie militaire en retraite, ingénieur des mines,
membre correspondant de l'Académie royale
des sciences de Turin.

La création de nouvelles lignes de chemins de fer est aujourd'hui une nécessité pour le Piémont; elle seule peut développer les éléments nombreux de prospérité qu'il possède. Mais à côté de ce besoin généralement reconnu, il y a la question de dépense, qui est la grande difficulté, et surtout celle qu'entraînent les rails. Le pays sait, par les lignes déjà ouvertes, combien elle est onéreuse.

Aujourd'hui le Piémont, pour la construction et pour l'entretien de ses chemins de fer, est tributaire de l'Angleterre; c'est aux usines de ce pays que nous demandons nos rails, notre industrie du fer ne pouvant jusqu'ici entrer en concurrence avec elles, et l'on peut pressentir tous les avantages que recueilleraient, non-seulement notre industrie du fer, mais encore tout le pays, si nos usines à fer pouvaient nous affranchir du tribut payé aux usines anglaises.

Bientôt le renouvellement des rails sera nécessaire pour de grandes distances; il ne peut tarder pour nos lignes les plus anciennes, surtout pour celle de Turin à Gênes, et nous ne pourrons y procéder qu'en demandant de nouveaux rails à l'Angleterre. Que demain des conflagrations politiques nous interdisent la réception des rails anglais, et non-seulement nous ne pourrons

pas construire de nouvelles lignes de chemin de fer, mais l'entretien de celles qui existent nécessitera de grands frais.

Ainsi, on ne saurait mettre en doute les avantages immenses qu'il y aurait pour le Piémont, sous tous les rapports, à ce que nos usines à fer fussent en état de fournir les rails à nos chemins de fer, même à égalité de prix. Les conditions de cette fourniture par nos usines seraient certainement moins onéreuses pour le pays qu'en s'adressant aux usines étrangères, indépendamment même de l'exportation de numéraire.

Mais nos usines pourraient-elles réaliser cet équilibre des prix? Certes ce n'est pas la qualité de nos fers qui pourrait les empêcher de se livrer à la fabrication des rails, car nos minerais peuvent très-bien fournir du fer convenable pour cette fabrication; ce serait une grande erreur que de croire le contraire. Tous les fers qui se soudent bien peuvent être employés à la fabrication des rails : voilà ce dont il faut bien se convaincre, et les faits ne manquent pas à l'appui de cette assertion. On préfère, dit-on, les fers provenant du puddlage des fontes au coke, comme possédant une grande dureté, une grande rigidité, qualités essentielles pour la fabrication des rails, et ce sont, en effet, les fers qui sont employés à cette fabrication par les usines françaises, anglaises et belges. Mais ces deux qualités se rencontrent au même degré dans les fers provenant des fontes au bois, et c'est seulement leur prix de revient, trop élevé, qui les fait écarter de la fabrication des rails; c'est la seule objection qu'on puisse adresser également aux fers de nos usines. Les causes de cette impuissance actuelle de notre industrie du fer ne résident donc ni dans la qualité des fers ni dans les éléments de leur production; elles tiennent

aux conditions actuelles de toute la fabrication qui est indépendante de ces éléments.

Faire disparaître ces causes, ou au moins les atténuer autant que faire se peut, avec les éléments dont elle dispose; modifier en conséquence les conditions de la fabrication de la fonte et du fer, tel est le but que notre industrie du fer aurait déjà dû se proposer, dans son propre intérêt, pour lutter contre la concurrence étrangère.

Parmi les éléments de la fabrication des rails, aussi bien que de la fabrication du fer en général, au four à reverbère, le combustible est sans contredit le plus important. Nous ne possédons pas de houille proprement dite; mais seulement des lignites; et quand on compare ces deux espèces de combustibles sous le rapport de leur puissance calorifique effective, c'est-à-dire les quantités à consommer pour obtenir des effets égaux en opérant la combustion dans des conditions appropriées à chaque espèce, il faut reconnaître que, dans l'état actuel de l'exploitation et des moyens de transport de nos lignites, leur substitution à la houille dans la fabrication des rails, ou du fer en général, ne pourrait avoir lieu d'une manière assez économique, abstraction faite de toute autre condition, qu'autant qu'on diminuerait beaucoup la consommation actuelle.

Ainsi, avant de traiter la question de substitution de nos lignites à la houille dans la fabrication des rails, il faut examiner s'il ne serait pas possible d'obtenir une diminution dans la consommation du combustible quel qu'il soit.

Diminution de consommation du combustible dans la fabrication des rails.

Système à fours *triplés*, simple et double, pour la fabrication et le travail du fer dans les fours à réchauffer.

Le système que je propose est fondé sur la combinaison de trois fours réunis en un seul massif, ou système à fours *triplés* (Pl. II, III et IV) (1). Au moyen de ce système, la consommation du combustible est réduite :

1° Pour le système à fours *triplés* simple, aux 0,67 de celle qu'exigent les fours isolés et séparés, en usage;

2° Pour le système à fours *triplés* double, aux 0,57 de celle qui a lieu actuellement dans les fours séparés en usage. Cette disposition est d'ailleurs également applicable à la fabrication du fer en général.

L'emploi de ces deux systèmes à fours *triplés* réduirait le prix de revient des rails, par suite de la moindre consommation de combustible, non-seulement pour leur fabrication, mais encore pour l'élaboration du fer.

Système à fours triplés simple.

Parmi les moyens employés pour réduire la consommation du combustible, les plus importants sont l'emploi de la chaleur perdue, et l'utilisation des gaz combustibles de certains foyers.

Les fours à réverbère employés à la fabrication et au travail du fer, sont au nombre des foyers dont on a utilisé la chaleur perdue, en l'employant au chauffage des machines à vapeur, obtenant ainsi sans dépense de combustible la force motrice nécessaire au mouvement des machines et des appareils exigés pour la fabrication du fer.

Il est parfaitement constaté que, tandis que 1 kil. de houille brûlé directement sous une chaudière produit 6 à 6^k,50 de vapeur, par l'emploi de la chaleur perdue

(1) L'auteur a joint à ses dessins une explication très-détaillée, dont l'étendue ne permet pas de l'insérer à la suite du texte; elle sera publié *in extenso* à la fin du volume.

C.

de ce même kilogramme de houille, la quantité de vapeur produite n'est que de 4 à 4k,50; la chaleur perdue de ces fours est donc les 0,70 de celle qui serait développée par la combustion complète du combustible chargé sur la grille.

La quantité de combustible qui serait consommée dans ces fours pour l'opération du réchauffage du fer à la température soudante, est les 0,30 du combustible consommé, cette consommation comprenant :

1° La chaleur qu'absorbe le fer porté sur la sole pour acquérir la température soudante dans un temps déterminé ;

2° La chaleur absorbée par les autres causes, production de vapeur d'eau, oxyde de carbone, fumée, etc., et par les parois des fours ;

3° Le combustible non brûlé ou menu, passant à travers les barreaux de la grille sans servir à la combustion, et le combustible incomplétement brûlé, constituant les escarbilles ou coke menu tombant dans le nettoyage et dans le chargement de la grille ;

4° Le combustible réduit en parcelles très-fines par sa désagrégation sous l'action mécanique du courant d'air alimentant la combustion et entraîné dans ce courant. Sa combustion ne pouvant avoir lieu faute d'oxygène dans ce courant, il constitue ainsi un des éléments combustibles qui se rencontrent dans ce dernier.

Mais on a également constaté que, dans les conditions actuelles d'établissement et de fonctionnement des fours à réchauffer, le concours de la quantité de chaleur développée par la combustion des 0,70 du combustible porté sur la grille est indispensable pour produire le réchauffage à la température soudante d'une quantité donnée de fer dans un espace de temps déterminé.

En comparant entre elles ces deux portions du com-

bustible chargé sur la grille, on constate que celle représentant la quantité de chaleur perdue est égale à 2.33 fois celle utilisée au profit du fonctionnement de ces fours dans les conditions usuelles de poids de fer et de temps.

D'après les données de la science et de l'observation, on peut établir moyennement, comme il suit, les consommations partielles, également représentées en poids du combustible, constituant la consommation totale représentée par 0,30 du poids total du combustible porté sur la grille :

1° *Quantité de chaleur absorbée par le fer pour son réchauffage à la température soudante.*

Cette quantité de chaleur, d'après les expériences de M. Regnault, sur la capacité calorifique du fer, en tenant compte de son accroissement au-dessus de 100° C. (accroissement d'autant plus grand que la température du fer s'approche de celle de son ramollissement), serait représentée en fonction du poids x de combustible chargé sur la grille par. . . . . 0,10 x

2° *Quantité de chaleur absorbée par la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone, la fumée.*

Cette quantité de chaleur absorbée serait représentée en fonction du même poids par. . . . . 0,08 x

Elle se partagerait approximativement ainsi :

Vapeur d'eau.	0,035 x	
Oxyde de carbone. . .	0,030 x	0,08 x
Fumée	0,015 x	

3° *Quantité de chaleur absorbée par les parois des fours.*

Cette quantité de chaleur serait représentée par. . . . 0,04 x

4° *Combustible non brûlé ou incomplétement brûlé.*

Cette quantité de combustible, non brûlé ou menu qui passe à travers les barreaux de la grille, incomplétement brûlé, en escarbilles ou en coke, qui tombent de la grille par le nettoyage et par le chargement, serait représentée, d'après des observations pratiques, par. . . . . 0,03 x

A reporter. . . . . 0,25 x

Report. . . . . 0,25 x

5° *Combustible entraîné à l'état de charbon en parcelles très-fines.*

La quantité de combustible entraîné, sans être brûlé, à l'état de parcelles très-fines par le courant des produits de la combustion, serait ainsi moyennement représentée par. . . . . 0,05 x

Total égal. . . . . 0,30 x

Il résulte de là : 1° qu'en moyenne générale la quantité de chaleur totale développée par la combustion est représentée par 0,92x de la quantité totale du combustible porté sur la grille ; 2° que 0,22x sont utilisés pour l'opération, tandis que les 0,70x restants fournissent la chaleur perdue dans les fours ; 3° qu'ainsi, cette dernière quantité, dont le concours est indispensable pour l'opération métallurgique, est 3,20 fois celle qui est effectivement consommée par ces fours.

Appliquons ces données à la fabrication des rails.

Les fours à réchauffer employés à cette fabrication sont en général établis avec une sole qui peut recevoir à chaque opération ou chaude des charges de 600 à 700 kil. de fer brut en paquets, soit en moyenne 650 kil.

La grille de ces fours est établie pour une combustion de 142 kil. de houille au moins, par heure et par décimètre quarré de section, et de 150 à 180 kil. au plus pour un fonctionnement ordinaire, c'est-à-dire avec une épaisseur normale de combustible, sans être subordonnée aux conditions particulières de l'opération métallurgique qui doit s'y effectuer.

La consommation de fer en paquets est en général de 1.325 pour 1.000 de rails finis : ainsi la charge moyenne de 650 kil. de fer brut en paquets produira en rails finis 490 kil.

La consommation en houille est en général de 650 à 700 kil. par tonne de rails, soit en moyenne 675 kil.

La consommation en houille pour chaque opération ou chaude sera par conséquent de $330^k,75$, soit en chiffres ronds 330 kil.

L'opération ou chaude exige en général et moyennement 90 minutes, c'est-à-dire 75 minutes environ pour le réchauffage du fer à la température soudante, et 15 minutes environ pour le soudage et le laminage des paquets.

Pendant cette seconde partie de l'opération, la grille des fours n'est pas chargée de combustible comme pendant la première.

Il y a donc dans la fabrication des rails (et il en est de même dans la fabrication du fer en général), une intermittence dans le fonctionnement des fours, pendant laquelle ces derniers ne reçoivent point la même quantité de chaleur que pendant le réchauffage; par conséquent leur chaleur perdue varie dans le même rapport.

On passe en général 14 à 16 charges par 24 heures. La production totale par four pendant ce temps sera ainsi de $6^t,80$ à $7^t,80$, soit en moyenne 7 tonnes de rails.

D'après ce qui a été exposé précédemment sur la chaleur perdue des fours à réchauffer, si dans les fours pour rails, la consommation de 330 kil. de houille est nécessaire pour porter en 75 minutes à la température soudante la charge de fer brut en paquets de 650 kil., la quantité de houille consommée pendant ce temps sera de $330 \times 0,30 = 99$ kil., soit en chiffres ronds 100 kil.

La chaleur perdue des mêmes fours sera ainsi et pendant ce temps représentée par 230 kilogr. de houille.

Comme pendant les 15 minutes du soudage et du

laminage de paquets, ou plus exactement, lorsqu'on retire les paquets pour les souder et les laminer (quoique cette extraction n'ait pas lieu simultanément pour les trois ou quatre paquets qui composent la charge), il y a toujours une certaine proportion de combustible non complétement brûlé sur la grille et dont la combustion se continue, on peut porter la chaleur perdue de ces fours pendant les 75 minutes à 220 kil. de houille.

On peut donc considérer cette chaleur perdue par heure comme étant représentée par 180 kil. Employer cette chaleur perdue à une nouvelle opération de la fabrication des rails, afin de diminuer la consommation du combustible ; arriver ainsi à rendre l'emploi de nos lignites possible économiquement, en premier lieu, sauf à examiner et à déterminer ensuite les conditions technique de cet emploi, tel est le problème que je me suis proposé.

Les études théoriques, et les applications pratiques que j'ai été appelé à faire de l'emploi de la chaleur perdue, soit par les fours et les foyers de l'industrie du fer, soit par la combustion des gaz combustibles de certains foyers de la même industrie, m'ont conduit au système de fours à réchauffer que je propose ici ; système qui servirait non-seulement à la fabrication des rails, mais qui, de plus, est applicable à la fabrication et au travail du fer en général. Son emploi peut même s'étendre à toutes les opérations de l'industrie métallurgique dans les fours à réverbère.

Ce système se résume, comme son nom l'indique, dans la réunion en un seul massif de trois fours à réchauffer, dont deux placés côte à côte ou accouplés, et le troisième placé à la suite des deux premiers.

Ces trois fours sont établis dans des conditions

de production, égales à celles des fours isolés aujourd'hui en usage; c'est-à-dire qu'ils ont tous les trois une sole égale, suffisante pour les mêmes charges de fer brut en paquets que celle des fours isolés, en modifiant toutefois légèrement sa forme, en raison des conditions particulières résultant de la réunion des fours et de la disposition spéciale que j'expliquerai plus loin.

Les deux premiers fours seraient alimentés par du combustible en nature; ils seraient par conséquent munis de leurs grilles, fonctionnant au moyen d'une conduite souterraine en communication avec l'extérieur de la halle : cette disposition rend la combustion plus énergique et plus uniforme sur toute la surface de la grille. Elle a aussi le très-grand avantage de permettre de disposer le massif des trois fours réunis, dans l'intérieur de la halle, là où le service des fours et tout le travail de la fabrication seront plus faciles, plus réguliers et moins dispendieux, sans être astreint à une position déterminée, comme cela a lieu avec le tirage au niveau du sol.

Le troisième four fonctionnerait par la chaleur perdue et par les courants de la flamme des deux premiers fours: il n'aurait conséquemment pas de grille. La distance entre l'échappement de chacun de ces premiers fours et l'autel du troisième, mesurée sur l'axe du système, ne serait que de $1^m,40$ au moins, et de $1^m,60$ au plus, mesurée sur l'axe des carneaux de conduite parcourus par ces mêmes courants.

Avant de compléter la description de ce système à fours triplés, généralisons la base sur laquelle il repose.

Représentons par x la quantité de combustible qui serait consommée dans les fours isolés en usage, pour porter, dans un temps donné z, un poids déterminé y

de fer brut composant la charge, à la température soudante; c'est-à-dire, la quantité de combustible portée sur la grille de chacun des deux premiers fours pour chaque opération du réchauffage;

Faisons d'ailleurs abstraction pour le moment des éléments combustibles entraînés par le courant (oxyde de carbone, charbon solide en parcelles très-fines; ce dernier dans la proportion de $0,03x$, le premier dans la proportion de $0,06x$).

La quantité de chaleur perdue d'un four isolé sera représentée par $0,70x$. Le troisième four du système à fours triplés recevra conséquemment des deux premiers fours une quantité de chaleur totale qui sera exprimée par $1,40x$.

Toutefois, pour établir aussi rigoureusement que possible la quantité de chaleur totale transmise au troisième four, il faut déduire de la quantité ci-dessus $1,40x$ celle qui peut être absorbée par les parois des deux carneaux de conduite : on ne sera pas au-dessous de la vérité, en portant cette dernière à la moitié de celle absorbée par les parois d'un four isolé, c'est-à-dire à $0,02x$. La quantité de chaleur totale effectivement transmise au troisième four du système serait conséquemment représentée par $1,38x$.

Dans les fours séparés en usage (et il en serait de même dans les deux premiers fours accouplés du système, qui sont identiques avec les fours ordinaires), la quantité de chaleur représentée par le poids de combustible $0,92x$, ainsi qu'il a été établi précédemment, suffit pour produire le réchauffage à la température soudante du poids y de fer, dans le temps z.

Le troisième four du système à fours triplés recevant une quantité de chaleur totale représentée par $1,38x$, il en résultera nécessairement que le réchauffage à la

température soudante du même poids y de fer porté sur la sole, sera obtenu dans un espace de temps moindre que le temps z qu'exigent les premiers fours, et cette différence de temps pourra être de 0,25 à 0,30 p. 100; conséquemment, l'opération du réchauffage dans le troisième four n'exigera qu'un temps exprimé par 0,70z à 0,75z ; c'est-à-dire que, par cet effet, auquel rien ne s'oppose ni en théorie ni en pratique, le réchauffage à la température soudante du même poids y de fer porté sur la sole serait produit en moins de 60 minutes, au lieu de 75 minutes nécessaires en général dans les fours séparés, ainsi que dans les deux premiers fours du système à fours triplés. On voit donc, en tenant compte de cette différence de temps, que l'intermittence dans les opérations des deux premiers fours ne saurait être un obstacle à un fonctionnement pratique et régulier du troisième, identique à celui des deux premiers fours, et qu'il suffirait de régler le travail de ce troisième four d'après cet effet.

Le troisième four étant établi dans des conditions de fabrication et de production égales à celles des deux premiers, c'est-à-dire avec une sole pouvant recevoir les mêmes charges de fer brut à porter à la température soudante, consommera les quantités de charbon suivantes :

Quantité de chaleur absorbée par le poids..... y de fer.	0,10 x
Quantité de chaleur absorbée par les parois du four.	0,04 x
Quantité de chaleur absorbée par l'oxyde de carbone ou autres causes d'absorption, en excluant la vapeur d'eau et la fumée, comme ne se produisant point dans ce troisième four, qui n'est point alimenté par le combustible en nature.	0,03 x
Quantité totale de chaleur consommée. . .	0,17 x

Comme il n'y a pas lieu de tenir compte dans ce

troisième four des deux autres causes de consommation qui se produisent dans les premiers (combustible non brûlé, menu incomplétement brûlé, entraîné par le courant d'air en parcelles très-fines), il y aura dans ce troisième four un excès de chaleur, 1,21 x, représentant la chaleur perdue dans celui-ci; tandis que dans les fours séparés, comme dans les deux premiers du système à fours triplés, l'excès de chaleur représenté par 0,70 x est égal à 3,20 fois celle effectivement consommée par le réchauffage du fer et par les autres causes d'absorption, vapeur d'eau, oxyde de carbone, fumée, parois du four, etc. Dans ce troisième four, l'excès de chaleur représenté par 1,21x est égal à 7,10 fois celle consommée par les mêmes causes, c'est-à-dire 0,17x.

La chaleur perdue du troisième four serait ainsi exprimée par 1,21x.

Or, dans les fours ordinaires à réchauffer dont la consommation en houille est en général de 110 kil. par heure, la quantité de chaleur perdue, représenté par 0,70x ou 77 kil. (x exprimant alors 110 kil. de houille consommés par heure) suffirait pour alimenter une machine à vapeur de 25 à 30 chevaux.

La chaleur perdue 1,21 x du troisième four du système à fours triplés (x exprimant toujours le poids de combustible consommé par heure), est donc représenté par $1,21 \times 110 = 133$ kil., les trois fours du système étant des fours à réchauffer ordinaires ci-dessus indiqués; cette chaleur suffirait pour alimenter une machine à vapeur de 50 à 55 chevaux.

Ainsi, par ce système, on obtient sans aucune dépense en combustible non-seulement la production du troisième four (égale à celles de chacun des deux premiers fours, ou à celles des fours séparés actuellement

employés), mais encore le travail des machines et appareils nécessaires pour la production des trois fours.

Faisant abstraction de cet emploi de la chaleur perdue du troisième four, on peut admettre comme un fait parfaitement constaté que la consommation des trois fours ainsi réunis en un seul massif, n'est que les 0,67 de celle de trois fours séparés en usage; il y aurait donc une économie de 33 p. 100.

Si à ces évaluations on voulait opposer que dans les fours à réchauffer ordinaires les effets qui s'y produisent pour le réchauffage du fer, à la température soudante, sont principalement dus au concours de la flamme développée par la combustion du combustible en nature qui les alimente, je répondrais que les courants de flamme des deux premiers fours arriveront bien certainement dans le troisième; la distance qui sépare le dernier des premiers étant très-minime comparativement au développement que la flamme acquiert, surtout en tenant compte du tirage souterrain qui, étant une condition de ce système de fours triplés, augmente l'activité de la combustion sur les deux grilles, et nécessairement aussi le développement de la flamme. Cette flamme est encore augmentée pour le troisième four par la réunion des deux courants.

Admettons cependant :

1° Que l'intermittence entre les opérations dans les deux premiers fours puisse être un obstacle au bon fonctionnement du troisième four, qui doit être régulier et identique en production à celui des premiers;

2° Que le courant de flamme dans le troisième four, fourni par les deux premiers, ne soit pas suffisant pour atteindre ce but.

Ne pourrait-on pas faire disparaître l'irrégularité produite par cette intermittence et obtenir une nouvelle

production de flamme par la combustion des éléments combustibles, oxyde de carbone, charbon solide, etc., que renferment toujours les courants de flamme provenant de ces fours?

Cette combustion aurait en outre pour effet d'augmenter la quantité de chaleur fournie au troisième.

Mais la combustion de ces éléments ne peut être déterminée que par le concours d'un courant d'air fourni au lieu même où elle doit être produite, c'est-à-dire en avant et au-dessus de l'autel du troisième four, et à l'instant de l'arrivée en ce point des courants gazeux des premiers.

Il faut, du reste, que le courant d'air, en arrivant au lieu de la combustion, satisfasse aux trois conditions suivantes:

1° Température élevée, afin que la combustion de ses éléments puisse être rapidement déterminée et active;

2° Division en lames ou filets minces afin que son mélange avec les courants gazeux soit complet, afin que sa combustion puisse s'effectuer dans les conditions du plus grand effet utile, et spécialement afin que l'air soit brûlé le plus complétement possible;

3° Vitesse assez grande pour déterminer rapidement son mélange, et la combustion.

Si ces trois conditions sont importantes pour obtenir le plus grand effet utile, celle de la colonne d'air à fournir au lieu de la combustion ne l'est pas moins. Il faut éviter qu'un excès de ce volume d'air ne détermine une action oxydante dans le courant de la chaleur fournie au troisième four; parmi les conditions essentielles du fonctionnement des fours à réchauffer, on doit en effet mettre en première ligne celle d'éviter que le courant de flamme et des produits de la combustion soit oxydant.

En ce qui concerne les trois premières conditions, on peut y satisfaire par la disposition suivante que j'ai adoptée pour un système à fours triplés pouvant recevoir des charges de 600 à 700 kil. de fer brut soit pour la fabrication du fer en général, soit pour celle des rails; cette disposition peut être appliquée à tous les autres fours en réglant les dimensions en raison de la capacité de ces derniers.

Le massif séparant les deux premiers fours accouplés, dont les axes sont espacés entre eux de $2^m,20$, se termine à $0^m,63$ en avant de l'autel du troisième four par une forme elliptique ou ovale. La distance qui sépare l'autel du troisième four des échappements des deux premiers, mesurée sur l'axe du massif, qui est en même temps celui du troisième four, est de $1^m,37$.

A cette extrémité du massif et en arrière du parement en matériaux réfractaires de $0^m,20$ d'épaisseur, est placée une caisse à parois en fonte de $0^m,03$ d'épaisseur, prenant la forme du massif et qui, dans ce cas, a une longueur de $1^m,24$; sa hauteur est de $0^m,60$; son axe horizontal est placé à la hauteur de l'autel du troisième four. Destinée à servir de réservoir de partage et d'écoulement du courant d'air, cette caisse est munie de dix-sept buses ou tuyères placées sur deux rangs, neuf pour le rang supérieur et huit pour l'inférieur, en alternant; verticalement, les deux rangs sont espacés entre eux de $0^m,20$, distance mesurée sur le parement extérieur du massif : l'espacement entre ces deux rangs, dans l'intérieur de la caisse, résulte de la direction à donner aux axes relativement à l'autel du troisième four. Les buses de chaque rang sont espacées entre elles de $0^m,16$, sur le parement extérieur du massif; la direction de leur axe, horizontal, varie en raison de leur position relativement à l'autel du troisième four.

Le diamètre de ces buses, à section circulaire, est de 0^m,145 à leur extrémité ou au parement extérieur du massif, et de 0^m,07 au parement intérieur de la caisse; leur longueur varie de 0^m,20 à 0^m,27 en raison de leur position. Ces buses sont toutes en fonte de 0^m,01 d'épaisseur.

Le courant d'air est ainsi divisé en dix-sept filets minces, ce qui assure son mélange avec les courants gazeux des deux premiers fours; ces courants se réunissent au devant du massif séparant ces fours et au devant de l'autel du troisième, au moyen de deux carneaux de conduite ayant chacun une largeur de 0^m,60, qui est en même temps celle des échappements des deux premiers fours. La position, en hauteur des axes de ces buses est déterminée, pour celles du rang inférieur, par son passage par un point situé à 0^m,08 au-dessus de l'autel du troisième four; celles du rang supérieur sont à 0^m,17 au-dessus du précédent, c'est-à-dire à 0^m,25 au-dessus de l'autel.

En arrière, la caisse est munie d'une sorte d'entonnoir aboutissant à un tuyau de 0^m,20 de diamètre intérieur et à parois de 0^m,25 d'épaisseur, par lequel le courant d'air arrive dans la caisse; il est fourni par une machine soufflante à piston et à double effet, fonctionnant sous une pression de 0^m,045 mesurée au manomètre appliqué immédiatement à la caisse, où il arrive après avoir traversé un appareil de chauffe composé de seize tuyaux en fonte, disposés sur trois rangs, de 0^m,20 de diamètre intérieur, à parois de 0^m,025 d'épaisseur et de 1^m,20 de longueur; la longueur totale de chauffe de l'appareil est ainsi de 19^m,20.

Il est disposé dans une chambre de chauffe adossée à la cheminée unique du système; la chaleur perdue du troisième four parcourt cette chambre de chauffe

avant d'entrer dans la cheminée. Le courant d'air arrive dans cet appareil de chauffe par le tuyau du rang supérieur attenant à la cheminée, et est dirigé de là dans le tuyau du rang inférieur attenant au troisième four. Enfin, un tuyau en fonte, de $0^m,20$ de diamètre intérieur et passant au-dessus du troisième four, conduit l'air chauffé dans la caisse ou appareil d'expiration ou de combustion ci-dessus décrit. La température acquise par le courant d'air par son parcours dans cet appareil, est au moins de 300° C.

Cette disposition, dans son ensemble et dans ses détails, satisfait aux trois premières conditions ci-dessus posées : *haute température*, *division en filets minces*, *vitesse*.

Reste la dernière, la plus importante peut-être, dans ce cas, celle du volume d'air à fournir à cette combustion.

A cet égard, remarquons d'abord que, dans les conditions du fonctionnement du troisième four, mieux vaut pêcher par défaut que par excès; car, ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment, il importe essentiellement d'éviter toute cause oxydante dans le courant de chaleur fourni au troisième four, et cette cause oxydante existerait si le volume d'air fourni, excédait celui qui peut être brûlé par son mélange avec les courants provenant des deux premiers fours.

Les courants de flamme et les produits de la combustion des fours à réchauffer en général (et par conséquent des deux premiers fours du système à fours triplés), alimentés au combustible en nature, renferment, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, de l'oxyde de carbone et du charbon entraîné en parcelles très-fines. Les proportions de ces éléments combustibles varient dans les courants, en raison de la surface de la grille laissée libre pour le passage à l'air, de la nature et de la fria-

bilité du combustible employé, de son épaisseur sur la grille, de la conduite du feu et du travail du four, du tirage variant avec les dispositions du four et de la che minée, des phases enfin de l'opération du réchauffage.

Les recherches et les expériences faites pour déterminer ces proportions, paraissent établir qu'en moyenne on peut admettre que :

x désignant la quantité de combustible portée sur la grille, par opération ou par heure, ainsi que je l'ai indiqué précédemment, le charbon entraîné en parcelles très-fines serait représenté par. . . . $0,05x$

Et l'oxyde de carbone par. . . . . $0,06x$

Total. . . . . $0,11x$

En moyenne on admet comme suffisamment exact en pratique, que la combustion complète d'un kilogramme de houille exige $5^{mc},50$ d'air, à $0°$ et à $0^{m},76$ de pression, volume théorique.

Le volume d'air théorique à fournir pour la combustion de ces éléments serait donc :

1° x exprimant le poids de combustible consommé par opération :

pour toute l'opération, $0,11x \times 5,50 = 0^{mc},615x$,

et par minute, $\frac{0,615x}{75} = 0^{mc},0082x$;

2° x exprimant la quantité de combustible en poids consommé par heure, $0,11x \times 5.50 = 0^{mc},615x$, soit par minute, $\frac{0,615x}{60} = 0^{mc},01023$.

Afin de ne pas multiplier inutilement les chiffres, je considérerai x comme exprimant la quantité de combustible chargée sur la grille pour chaque opération.

Le volume d'air théorique ci-dessus, $0^{mc},0082x$, est

celui qui doit être effectivement fourni au lieu de la combustion pour cette dernière.

La machine soufflante à piston et à double effet devra donc être établie dans les conditions d'une production par minute de $0{,}0022x + 0{,}0082x \times 0{,}85 = 0^{mc}{,}01025x$.

Admettant une température moyenne de l'année de 20° C., $0{,}01025x + 1{,}08 = 0^{mc}{,}01107x$, représentera le volume d'air que la machine soufflante doit fournir par minute pour brûler les éléments combustibles sortant d'un four à réchauffer ordinaire.

Ce volume d'air serait la moyenne générale, ainsi que je l'ai fait déjà remarquer; mais, dans les applications, il conviendrait peut-être de le réduire, afin de diminuer les probabilités de l'accès dans le troisième four d'un air non brûlé, qui déterminerait une action oxydante. La réduction pourrait être de 20 p. 100.

On pourrait donc prendre pour base les évaluations suivantes :

Quantité de combustible représentant la quantité de chaleur qui serait développée par la combustion des éléments combustibles (oxyde de carbone et charbon entraîné). . . $0{,}11x \times 0{,}80$. . . . . $= 0{,}088x$

Volume théorique d'air à fournir pour cette combustion, par minute, à 0° et $0^m{,}76$ de pression. mètres cubes : . . . . $\frac{0{,}088x \times 5{,}50}{75} = 0{,}00645x$

Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante à 0° et à $0^m{,}76$ de pression; mètres cubes : $0{,}00645x + 0{,}00645x \times 0{,}25$. . $= 0{,}00806x$

Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante à la température de 20° C. mètres cubes : $0{,}00806x \times 1{,}08$. . . . . $= 0{,}00870x$

Toutes ces valeurs se rapportent à un four à réchauffer ordinaire, isolé et séparé.

Dans le système à fours triplés on aurait ainsi :

1° Volume d'air théorique à 0° et à $0^m{,}76$ de pression; $0{,}00645x \times 2$ . . . . $= 0{,}0129x$

2° Volume d'air nécessaire pour la machine soufflante, par minute :

A 0° et à 0,76 de pression : 0^{m},00806x × 2 . . = 0,01612x
A la tempér. moyenne de 20° C. : 0,0087 x × 2 = 0,0174x

La quantité de chaleur totale, fournie au troisième four, se composera donc des quantités partielles suivantes :

1° Quantité de combustible représentant la quantité de chaleur perdue des deux premiers fours, ainsi qu'elle a été déduite précédemment (p. 309). . .	= 1,380x
2° Quantité de combustible représentant la quantité de chaleur développée par la combustion des éléments combustibles des courants des deux premiers fours : 0,088 x × 2	= 0,176x
Total.	1,556x
D'après ce qui a été exposé précédemment, la quantité de chaleur qui serait consommée pour le fonctionnement du troisième four serait par. .	0,170x
La quantité de chaleur perdue de ce four serait donc	1,386x

La quantité de combustible x, portée sur la grille d'un four à réchauffer ordinaire, est réduite à 0,92 x par le menu et les escarbilles tombant de la grille et le charbon entraîné en parcelles très-fines ; si donc 0,92 x, quantité de chaleur développée effectivement, est suffisante pour porter à la température soudante un poids y de fer dans un temps z, la quantité de chaleur 1,556 x, fournie au troisième four, élèvera à la température soudante le même poids y de fer porté sur la sole du troisième four dans un temps exprimé par 0,60 z, c'est-à-dire qu'au lieu de 75 minutes exigées par l'opération du réchauffage au blanc soudant dans les fours à réchauffer ordinaires, ce réchauffage sera obtenu en 45 minutes dans le troisième four du système à fours triplés. Par suite de ce bénéfice de temps, la combustion des éléments combustibles des courants provenant de

deux premiers fours ferait disparaître les difficultés que pourrait présenter l'intermittence des opérations des deux premiers fours, pour obtenir le fonctionne ment régulier et identique du troisième; de plus, on pourra faire passer dans ce dernier 18 à 20 charges par 24 heures, au lieu de 14 à 16 qui passeraient dans les deux premiers, ainsi que dans les fours ordinaires.

Ainsi, l'économie de combustible par ce système à fours triplés ne serait pas seulement de 33 p. 100, mais de 38 p. 100, sans que l'intermittence entre les deux premiers fours pût nuire en rien au fonctionnement régulier du troisième. Il suffira, je le répète, de régler le fonctionnement des trois fours sur cette base : tandis que dans les deux premiers, le réchauffage des paquets exige 75 minutes, 45 minutes suffiront dans le troisième pour le même réchauffage. Si on ne demandait au troisième four qu'une fabrication et une production par 24 heures égales à celles des deux premiers, les opérations seraient encore simultanées dans les trois fours.

La quantité de chaleur perdue du troisième four serait représentée, comme on l'a vu page 319, par 1,386x.

La quantité de chaleur consommée, pendant l'opération, par l'appareil de chauffe pour porter le courant d'air à la température de 300° C. (le volume d'air écoulé par minute étant représenté par $0^{mc},0129x$, à 0° à $0^{m},76$ de pression), sera exprimée par 0,350x.

La quantité de chaleur perdue, passant de la chambre de chauffe de l'air dans la cheminée sera donc ,036x.

Si on compare cette quantité de chaleur perdue à celle des fours ordinaires à réchauffer qui, employée au chauffage des chaudières, suffit pour alimenter une machine à vapeur de 25 à 30 chevaux, on en déduit que la première serait suffisante pour une machine à vapeur de 35 à 45 chevaux.

Le volume d'air théorique à fournir par minute, exprimé par $0^{mc},0129\ x$, à $0°$ et à 0,76 de pression, deviendra, à la température de 300°, $0,0129x\ (1+0,004 \times 300) = 0,129x \times 2,20 = 0^{mc},02838x$. C'est ce volume d'air à débiter par minute sous une pression effective de $0^{m},04$ à l'appareil d'expiration, qui devra déterminer le diamètre des buses, en raison de leur nombre.

Appliquons ces données et ces résultats à un système à fours triplés, les fours étant disposés pour recevoir des charges de 600 à 700 kil. de fer brut en paquets soit en moyenne 650 kil.

La consommation du fer brut étant de 1.250 par 1.000 de fer fini en barres, la production en fer fini pour chaque charge sera ainsi de 520 kil. Fabrication du fer.

La consommation en houille étant moyennement de 650 kil. par tonne de fer fini en barres, la consommation par opération sera donc de 338 kil. Ainsi $x = 338$; la quantité de chaleur perdue d'un four à réchauffer travaillant dans ces conditions sera donc représentée par $0,70 \times 338 = 236^{k},60$ de houille.

Les éléments combustibles dans le courant de la chaleur du même four seront, ainsi qu'il a été exposé précédemment :

Oxyde de carbone. $0,06x$ soit $0,06 \times 338 = 20^{k},28$ de houille.
Charbon entraîné. $0,05x$ soit $0,05 \times 338 = 16^{k},90$ »

Ainsi, la quantité de chaleur totale fournie au troisième four se composera des éléments suivants :

1° Chaleur perdue des deux premiers fours, représentée par kilogrammes de houille.	$473^{k},20$
2° Chaleur dégagée par la combustion de l'oxyde de carbone.	40 ,56
3° Chaleur de la combustion du charbon entraîné. . .	33 ,80
Total.	$547^{k},56$

Report	547,56
A déduire pour la chaleur absorbée par les parois des carneaux de conduite, soit par 338 × 0,02.	6 ,76
Reste.	540^k,80
Quantité de chaleur consommée par le troisième four, pour l'opération identique à celle de chacun des deux premiers, soit 338 × 0,178.	59 ,49
La quantité de chaleur perdue de ce troisième four sera donc.	481^k,31
Portion de cette chaleur perdue consommée par le chauffage de l'air, 0,35×338 kil.	118 ,30
Chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air. . .	363^k,00
La quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air sera donc, par heure.	280^k,00

J'ai fait déjà remarquer que les nombreuses applications de la chaleur perdue des fours à réchauffer ordinaires au chauffage des chaudières de grandes dimensions, établissent comme base de cet emploi que la quantité de vapeur produite par un kilogramme de houille est de 4^k,22 à 4^k,50 au lieu de 6^k,00 à 6^k,50 qu'on obtient en brûlant la houille sous la chaudière (1).

D'après cela, dans le système à fours triplés, la consommation en houille des deux premiers fours étant de 676 kil. pour chaque opération durant 75 minutes, soit 520 kil. par heure, la vapeur produite par heure serait de 520 × 4,25 = 2.295 kil., quantité suffisante pour une machine à vapeur de 115 chevaux; résultat qui serait effectivement obtenu si la chaudière était placée immédiatement à la suite des deux premiers fours. Mais par suite de la disposition et des conditions du fonctionnement de ce système à fours triplés, la chau-

(1) A l'usine d'Abainville (France), cette production de vapeur par la chaleur perdue de deux fours à réchauffer ordinaires a été de 5 kil. par kil. de houille brûlée sur les grilles.

dière ne reçoit que la chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air, représentée par 280 kil. de houille, c'est-à-dire les 0,54 environ de la quantité totale brûlée par heure sur les deux grilles des premiers fours, compris la chaleur développée par la combustion des éléments combustibles.

C'est donc seulement sur cette dernière expression de la chaleur perdue qu'il faut calculer la production de vapeur ; on aura ainsi une vaporisation totale par heure de $280 \times 4{,}25 = 1.190$ kil., quantité suffisante pour une machine à vapeur de 60 chevaux. Cette production correspond à $2^k,29$ par kil. de houille brûlée par heure sur les grilles des deux premiers fours, au lieu de $4^k,25$.

Pour tenir compte de la longueur du parcours de la flamme sous la chaudière, je réduirai cette production à raison de 2 kil. par kilogramme de houille brûlée sur les grilles ; la vapeur totale produite serait alors de 1.040 kil., quantité suffisante pour une machine à vapeur de 50 chevaux. Cette production de vapeur serait à raison de $3^k,70$ au lieu de $4^k,25$ par kil. de houille représentant la chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air.

Reste à déterminer le volume d'air nécessaire pour la combustion des éléments combustibles dans les courants provenant des deux premiers fours.

On a, d'après ce qui précède :

Pour le volume d'air théorique par minute $0{,}0129 \times 338 = 4^{mc},36$, à 0° et à $0^m,76$ de pression ;

Pour le volume nécessaire pour le jeu de la machine soufflante :

1° A 0° et à $0^m,76$ de pression, $0{,}0161 \times 338 = 5^{mc},45$.

2° A 20°, température moyenne de l'année, $0{,}0174 \times 338 = 5^{mc},88$.

Volume d'air théorique à fournir effectivement à l'appareil, pression de $0^m,04$, température $300°$ $0^m,302838 \times \times 338 = 9^{mc},59$. Le nombre des buses de l'appareil d'expiration étant de 17, leur diamètre extérieur sera de $0^m,0146$.

Remarquons que, d'après les proportions des éléments combustibles précédemment indquées, le volume d'air théorique à $0°$ et à $0^m,76$ de pression, nécessaire pour leur combustion, serait de $5^{mc},45$ par minute. Le volume d'air fourni n'est effectivement, d'après les calculs précédents, que de $4^{mc},36$; il y aura donc une quantité d'éléments combustibles correspondant à $1^{mc},09$ d'air par minute, dont la combustion n'aura pas lieu.

Ainsi, je le répète, par le système à fours triplés, tel qu'il a été décrit, la consommation du combustible est les 0,67 de celle qui a lieu dans trois fours ordinaires, sans que l'intermittence dans les opérations des deux premiers fours puisse être une cause d'irrégularité dans leur fonctionnement et dans celui du troisième four : celui-ci pourrait recevoir 18 à 20 charges par 24 heures, au lieu de 14 à 16 comme cela a lieu dans les deux premiers fours ainsi que dans les fours ordinaires.

Sans doute, dans les premières applications du nouveau système à la fabrication du fer et à celle des rails, on rencontrera quelques difficultés pour régulariser le fonctionnement des trois fours, mais il en sera de ce système comme du puddlage des fontes par les gaz des hauts-fourneaux ; l'intermittence dans la production des gaz combustibles, résultant du chargement des hauts-fourneaux et de leur arrêt pour les coulées, paraissait opposer à l'emploi de ce moyen de puddlage un obstacle que la pratique s'est chargée de faire disparaître.

Complétons enfin la description du système à fours triplés :

Il n'y a qu'une cheminée unique pour les trois fours, ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut; elle est donc placée à la suite du troisième four. La hauteur de cette cheminée au-dessus du sol est de 25 à 30 mètres, suivant la capacité des fours : pour des fours à charges de 600 à 700 kil. de fer brut, cette hauteur serait de 30 mètres; dans tous les cas, elle se prolongera de $2^{m},50$ en contre-bas du sol avec la même section qu'au-dessus, et communiquera à ce niveau avec une conduite souterraine à section au moins égale à celle de la cheminée, aboutissant par son autre extrémité à l'extérieur de la halle de la fabrication, pour l'entrée de l'air extérieur dans la conduite, et par suite dans la cheminée. La longueur de la conduite souterraine ne serait pas moins de $6^{m},00$. On pourrait la faire communiquer avec celle qui alimente la combustion des deux premiers fours. Au niveau du sol, la cheminée serait munie d'une grille pour y brûler au besoin du combustible de rebut et régler ainsi le tirage de la cheminée. Entre l'échappement du troisième four et la chambre de chauffe de l'air, on disposerait une ouverture pour le réchauffage des bouts des barres et des rails pour leur sciage. La température en ce point de la conduite de la chaleur perdue serait certainement suffisante pour produire ce réchauffage.

La combustion des éléments combustibles des courants provenant des deux premiers fours, s'effectuant sous l'action d'un courant d'air à $0^{m},04$ de pression manométrique, doit nécessairement déterminer un plus grand tirage pour ces fours; il importe par conséquent que leur forme soit appropriée à ce tirage plus actif, afin que l'opération du réchauffage dans les deux pre-

miers fours puisse s'effectuer dans le temps déterminé z, et avec la consommation également déterminée de combustible s: c'est-à-dire que la forme des fours doit être combinée de manière à ralentir le parcours de la flamme et des produits de la combustion en raison du plus grand tirage, condition à laquelle satisfait la forme que j'ai adoptée. Les mêmes considérations conduisent à modifier aussi celle du troisième four.

Enfin, le tuyau de conduite de l'air chaud dans l'appareil de combustion serait muni, au point le plus commode pour le service des fours, d'un registre à soupape destiné à régler le volume d'air et son admission dans l'appareil de combustion; la pratique réglerait le service de ce registre.

En appliquant ce procédé à la fabrication du fer et des rails, le prix de revient de ces derniers ne sera pas diminué seulement du montant de l'économie de 33 p. 100 du combustible employé à leur fabrication, mais encore de la différence dans le prix de revient du fer brut, qui sera également obtenu avec une économie de 33 p. 100 du combustible employé pour sa fabrication.

Système à fours triplés double.

Un train de laminoirs pour la fabrication du fer en général, comme pour celle des rails, travaillant convenablement avec une bonne machine à vapeur, exige au moins cinq ou six fours en feu; c'est une condition nécessaire d'une bonne production dans ces deux fabrications. Ainsi, six fours indépendants, travaillant séparément, même accouplés deux à deux ainsi qu'on le pratique généralement, peuvent être supplées avantageusement sous tous les rapports par deux systèmes à fours triplés, établis séparément.

J'ai dû examiner si, au lieu de deux systèmes à fours triplés distincts, on ne pourrait pas les accou-

pler, et obtenir par cette réunion une nouvelle diminution dans la consommation du combustible.

L'étude que j'ai faite de ce nouveau problème m'a conduit aux deux dispositions suivantes ;

Par cette combinaison, la consommation du combustible est la même que pour le système simple; ainsi sous ce rapport il n'y a aucun avantage. 1° Système à fours triplés double.

Mais il y en a d'autres très-réels: c'est de centraliser la fabrication sur un seul point de la halle, de mieux utiliser la chaleur perdue du troisième four de chaque système, de n'avoir qu'une seule cheminée, et d'occuper moins d'espace que deux systèmes simples indépendants.

Par cette combinaison et par l'addition d'un septième four, le système se compose de sept fours à réchauffer, dont quatre seulement seraient alimentés par du combustible en nature, les trois autres fours travaillant par la chaleur perdue des quatre premiers. La consommation de combustible serait diminuée de 43 p. 100 de la consommation actuelle, et il n'y aurait point d'intermittence pour le travail du septième four, fonctionnant par la chaleur perdue des troisièmes fours des deux systèmes simples. 2° Système à fours triplés double, avec addition d'un septième four.

Cette économie résulte des données suivantes :

1° Faisons abstraction des éléments combustibles sortant des six premiers fours. x exprimant comme précédemment le poids de combustible chargé, par opération ou par heure, sur la grille de chacun des quatre premiers fours, pour atteindre, dans un temps z, la température soudante d'un poids y de fer porté sur chaque sole, $0,70x$ représentera la quantité de chaleur perdue par chaque four;

$1,38x$ représentera. la quantité de chaleur totale transmise au troisième four de chaque système à fours

triplés, déduction faite de la quantité de chaleur absorbée par les parois des conduits des deux premiers fours au troisième;

0,17x représentera la quantité de chaleur consommée pour l'opération du réchauffage dans chaque troisième four;

1,21x représentera donc la quantité de chaleur perdue de chacun des troisièmes fours des deux systèmes à fours triplés;

0,02x représentant la quantité de chaleur absorbée par les parois de la conduite de la chaleur perdue de chaque troisième four, 1,19x représentera la quantité de chaleur fournie au septième four par chaque troisième four, et, par suite, 2,38x la quantité totale de chaleur arrivant dans le septième four.

Or, x, quantité de chaleur totale dans chacun des quatre premiers fours, suffit pour produire le réchauffage du poids y de fer à la température soudante dans un temps z; 2,38x seront donc bien plus que suffisants pour déterminer le réchauffage du même poids y de fer, dans le même temps z.

Attendu la position du septième four relativement aux quatre premiers chauffés au combustible en nature, si on représente par 0,25x la quantité de chaleur consommée par le septième four pour l'opération du réchauffage, 2,13x sera la quantité de chaleur perdue du septième four. Or 0,70x, quantité de chaleur perdue d'un four à réchauffer ordinaire, suffit pour une machine à vapeur de 25 à 30 chevaux. 2,13x suffira donc pour une machine à vapeur de 75 à 90 chevaux.

La consommation totale est de 4x pour une production de sept fours à réchauffer, qui, disposés isolément, suivant l'usage, exigeraient une consommation totale représentée par 7x. L'économie réalisée par ce

système à fours triplés avec l'addition d'un septième four sera donc représentée par $3x$, soit 43 p. 100 de la consommation qui a lieu actuellement pour sept fours ordinaires, fonctionnant séparément.

2° Tenons compte des éléments combustibles contenus dans les courants provenant, en premier lieu, des quatre premiers fours, et ensuite des troisièmes fours des deux systèmes à fours triplés.

$0,70x$ représentant la chaleur perdue de chacun des quatre premiers fours, et $0,088x$ la quantité de chaleur qui serait développée par la combustion des 0,80 des éléments combustibles entraînés dans le courant de cette chaleur perdue, $0,788x$ représentera la quantité de chaleur fournie par chacun des quatre premiers fours, et $1,566x$ représentera la quantité totale de chaleur fournie à chaque troisième four des deux systèmes à fours triplés, déduction faite de celle qui serait absorbée par les parois des conduites.

$0,170x$ représentant la quantité de chaleur consommée par ce troisième four pour l'opération du réchauffage, $1,396x$ représentera la quantité de chaleur perdue de chaque troisième four.

$0,022x$ représentant la quantité de chaleur qui serait développée par la combustion des éléments combustibles compris dans le courant de cette chaleur perdue (cette quantité de chaleur étant supposée être celle absorbée par les parois de la conduite du même courant); $2,792x$ représentera la quantité de chaleur totale fournie au septième four du système par les troisièmes fours des deux systèmes à fours triplés.

$0,20x$ représentant la quantité de chaleur consommée par le septième four pour l'opération du réchauffage (quantité moindre que dans le cas précédent, attendu la production de flamme), $2,59x$ représen-

tera la quantité de chaleur perdue du septième four.

0,75x représentant la quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage de l'air, 1,84x représentera la quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air; cette quantité de chaleur perdue serait suffisante pour une machine à vapeur de 65 à 80 chevaux.

Volume d'air nécessaire pour la combustion des éléments combustibles dans les courants de chaleur perdue.

0,11x représentant la quantité des éléments combustibles contenus dans les courants de chacun des quatre premiers fours, ou la quantité de chaleur qui serait développée par leur combustion $\frac{0,11x \times 5,50}{75} =$ $0^{mc},0082x$ représentera le volume total d'air à 0° et à $0^{m},76$ de pression à fournir par minute pour cette combustion.

Pour chaque système à fours triplés, le volume d'air serait de $0^{mc},0164x$, dont : $0^{mc},0129x$ pour la combustion des éléments combustibles des courants des deux premiers fours, et $0^{mc},0035x$ mètres cubes pour celle des éléments combustibles contenus dans le courant provenant de chaque troisième four.

Le volume d'air théorique total à 0° et à $0^{m},76$ de pression, à fournir par minute pour ce système à fours triplés double avec un septième four, serait donc de $4 \times 0,0082x = 0^{mc},0328x$, savoir :

$0^{mc},0258x$ pour la combustion en avant des troisièmes fours des deux systèmes à fours triplés; et $0^{mc},0070x$ pour la combustion en avant du septième four. A 300° ces deux volumes d'air deviendront :

$$0,0258x \times 2,20 = 0^{mc},85676x;$$
$$0,0070x \times 2,20 = 0^{mc},0154x.$$

Ils régleront les diamètres extérieurs des buses d'expiration et leur nombre dans les appareils de combustion.

Ce volume est : 1° à 0° et à $0^m,76$ de pression : Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante.

$$0,0328x + 0,0328x \times 0,25 = 0^{mc},0420x.$$

2° à 20°, température moyenne de l'année,

$$0,041x \times 1,08 = 0^{mc},04428x.$$

Ainsi par l'emploi du système à fours triplés double avec un septième four, qui satisfait à la condition économique essentielle d'avoir en feu au moins cinq à six fours, pour le travail utile d'un train de laminoirs activé par une bonne machine à vapeur, on obtiendrait une économie de 43 p. 100 de la consommation de combustible nécessaire aujourd'hui pour la même fabrication.

SUR LA PIERRE OLLAIRE.

Par M. DELESSE, ingénieur des mines.

On donne le nom de *pierre ollaire* à des roches très-tendres qui se travaillent avec une grande facilité sur le tour.

Ces roches sont répandues sur tous les points du globe. Dans l'Inde, en Égypte, ainsi qu'en Italie, leur emploi pour la fabrication d'ustensiles de ménage remonte à un temps immémorial.

Pline avait nommée la pierre ollaire *Lapis Comensis* du lac de Côme, à l'extrémité duquel on l'exploitait. Les Anglais l'appellent *Pottstone;* les Italiens *Lavezzi;* les Allemands *Lavezstein*, *Schneidestein*, *Giltstein*, *Topfstein*.

L'Exposition Universelle ayant réuni une nombreuse collection de pierres ollaires provenant de divers pays, j'ai pensé qu'il y aurait de l'intérêt à les étudier.

Je remarquerai tout d'abord que la pierre ollaire ne forme pas une espèce minérale, comme quelques auteurs paraissent l'admettre; c'est une roche, et elle a même une composition minéralogique très-variable.

Je rappelle ses propriétés physiques qui restent à peu près les mêmes quelle que soit sa composition minéralogique. Sa couleur est verte, vert-noirâtre gris, plus rarement blanche. Elle est très-douce au toucher, et elle se laisse facilement rayer par l'ongle. Elle n'est pas sonore, et elle reçoit l'empreinte du marteau sous lequel elle s'écrase. Elle est réfractaire ou au moins très-difficilement fusible. Elle se laisse tailler, couper et scier très-aisément. Enfin, comme son nom l'indique, on peut en fabriquer sur le tour des ustensiles de ménage.

J'ai déterminé avec M. Brivet la composition de quelques pierres ollaires :

I. — Pierre ollaire vert foncé avec lamelles entrecroisées de chlorite vert noirâtre et quelques grains de fer oxydulé titané ; de Drontheim (Norwége).

II. — Pierre ollaire vert grisâtre, avec lamelles de chlorite qui lui donnent une structure schistoïde ; de Potton (Bas-Canada).

III. — Pierre ollaire vert grisâtre, avec grandes lamelles de talc blanc-verdâtre argenté, des paillettes microscopiques de chlorite vert foncé, du fer oxydulé, du carbonate à base de magnésie et de fer ; de Chiavenna (Suisse).

IV. — Pierre ollaire vert grisâtre, à structure fibrolamelleuse, contenant du fer oxydulé et du carbonate à base de magnésie et de fer ; de Kvikne (Norwége).

V. — Pierre ollaire gris d'ardoise, un peu schistoïde, avec lamelles de chlorite vert foncé et talc grisâtre ; de Kutnagherry (Inde).

	I.	II.	III.	IV.	V.
Silice	27,53	29,88	56,57	38,53	47,12
Alumine	29,65 (a)	29,53	1,75	3,55	8,07
Sesquioxyde de fer.			5,85	8,20	3,82
Magnésie (différ.) . .	29,27	28,32	55,39 (b)	31,45	32,49
Chaux	1,50	0,77	1,44	4,02	»
Eau	12,05	11,50	4,97	4,25	8,60
Acide carbonique . .	»	»	14,03	10,00	»
Somme	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(a) Un peu d'oxyde de titane. — (b) Un peu de protoxyde de manganèse.

On voit que la composition des pierres ollaires est très-variable ; cependant toutes sont des hydrosilicates de magnésie.

J'observerai d'abord qu'il est très-bizarre de trouver de l'eau dans une roche qui supporte, sans se fis-

suîter, la chaleur nécessaire à la cuisson des aliments. Wiegleb, qui s'est occupé de son analyse, ne la mentionne pas, et au premier abord il devait, en effet, sembler assez naturel d'admettre qu'il n'y en avait pas. Toutefois, lorsqu'on chauffe la pierre ollaire dans un tube fermé, on reconnaît facilement qu'elle contient toujours de l'eau. L'essai d'un grand nombre de variétés m'a même montré qu'elles en renferment de 5 à 13 p. 100.

Mais si la présence de l'eau dans la pierre ollaire est remarquable, celle des carbonates est plus extraordinaire encore.

Quelquefois on y trouve du carbonate de chaux qui imprègne la roche et qui y forme même, comme à Drontheim, des veinules dans lesquelles il est accompagné par de la chlorite.

Le plus généralement cependant le carbonate est en lamelles microscopiques, intimement disséminées dans la pierre ollaire; c'est surtout un carbonate à base de magnésie et de fer.

L'existence d'un carbonate dans la pierre ollaire est très-bizarre d'après les usages auxquels on l'emploie. Mais elle n'a rien qui doive surprendre d'après la composition de cette roche; car les carbonates, notamment le carbonate de magnésie et la dolomie, sont fréquemment associés aux hydrosilicates de magnésie. Ainsi M. G. Rose a donné le nom de *Listwanite* à une roche très-développée dans l'Oural, qui est formée de talc, de quartz et de dolomie (1).

Parmi les minéraux accessoires disséminés dans la pierre ollaire, je citerai encore le fer oxydulé. J'ai trouvé, par exemple, avec le barreau aimanté qu'il y

(1) G. Rose. *Reise nach Ural*, I, 332; II 32, 57, 98, 137, 157

en a environ 8 p. 100 dans celle de Chiavenna. Il est en grains très-fins qui forment de petites veines.

Le fer oxydulé peut aussi être titané, comme dans la pierre ollaire de Drontheim.

La pyrite de fer est plus rare dans la pierre ollaire, et, de plus, elle est accidentelle. Cependant j'en ai observé de petits cubes dans celle de Chiavenna.

Quand on traite la pierre ollaire par l'acide chlorhydrique, elle fait souvent effervescence; mais quelquefois elle dégage aussi de l'hydrogène sulfuré. C'est ce qu'il est facile de constater pour les pierres ollaires de Chiavenna et surtout de Kvikne. Elles doivent donc contenir un sulfure autre que la pyrite de fer, et l'on y trouve, en effet, un peu de pyrite magnétique.

Enfin, Wiegleb a signalé du fluor dans la pierre ollaire; mais sa présence est accidentelle et tient vraisemblablement à un peu de mica.

— Si nous recherchons maintenant quelle est la composition minéralogique de la pierre ollaire, nous trouvons qu'elle est assez variée, et il est facile de s'en rendre compte en jetant les yeux sur les analyses précédentes qui diffèrent beaucoup entre elles.

Je distinguerai trois variétés de pierre ollaire : I. *Chlorite ollaire.* — II. *Talc* ou *stéatite* ollaire. — III. *Pierre ollaire* proprement dite.

I. Chlorite ollaire. — La *chlorite ollaire* est presque entièrement formée de *chlorite.* Elle présente ordinairement une couleur verte ou noirâtre. Quand on l'examine dans la cassure fraîche ou sur une face polie, on y distingue une multitude de lamelles de chlorite, qui ont une couleur d'autant plus foncée qu'elles sont plus riches en fer.

La longueur de ces lamelles est souvent de plusieurs millimètres; mais elles peuvent aussi être microscopiques.

Tantôt elles sont dirigées dans tous les sens, et la chlorite ollaire est compacte; tantôt elles sont orientées suivant une direction, et alors la roche prend une structure schistoïde. Dans ce dernier cas, elle se laisse facilement débiter en dalles, comme celle des États-Unis et du Canada.

La chlorite ollaire est un peu plus dure que le talc; mais, par cela même, elle peut se tourner en objets plus minces et plus délicats. En outre, elle prend assez bien le poli, ce qui n'a généralement pas lieu pour les autres pierres ollaires, desquelles cette propriété peut déjà servir à la distinguer.

Sa perte au feu est supérieure à 6 et inférieure à 13 p. 100.

Elle s'attaque toujours très-fortement et quelquefois même complétement par les acides. J'ai constaté, en effet, que la chlorite ollaire de Potton est entièrement décomposée et qu'elle laisse un résidu de silice de 30 p. 100. Celle de Drontheim donne dans les mêmes circonstances un résidu de 37 p. 100. L'attaque sera d'autant plus complète que la pierre ollaire renfermera plus de chlorite; car cette chlorite est habituellement riche en fer et par suite elle se décompose facilement par les acides.

Les analyses I et II font connaître deux chlorites ollaires.

Leur composition est comprise entre celle du ripidolithe et de la chlorite (1). Elle se rapproche beaucoup de celle de la chlorite, et si leur teneur en silice est un peu plus faible, cela tient sans doute à un mélange, notamment à la présence du fer oxydulé.

---

(1) Rammelsberg. *Handwörterbuch der chemischen Theils der Mineralogie*, p. 156.

Je citerai parmi les localités dans lesquelles on observe la chlorite ollaire : Monteschono, commune d'Ossola ; les environs de Pignerolles ; Campei, commune de Camandona, près Bielle ; Balma della Vessa, commune d'Ala, près de Turin en Piémont ; Drontheim, en Norwége ; Potton, dans le bas Canada ; plusieurs points des États-Unis ; Gya et Dajpoor dans l'Inde.

— La *pierre ollaire* peut aussi être formée par les deux variétés de talc, le *talc* proprement dit et la *stéatite*.

II (*a*). Stéatite ollaire. — Quand elle est formée par la *stéatite*, ce qui est assez rare, elle présente tous les caractères de ce talc compacte. Sa couleur est blanc grisâtre ou vert clair. Elle est très-douce au toucher et plus tendre que la chlorite ollaire ; d'un autre côté, elle est plus fragile, en sorte qu'il est nécessaire de donner une épaisseur beaucoup plus grande aux ustensiles de ménage qui en sont fabriqués. Elle contient au plus 6 p. 100 d'eau qui se dégage seulement à une température extrêmement élevée, comme je l'ai montré antérieurement. Elle ne s'attaque que très-incomplétement par l'acide et elle ne contient pas d'alumine. Sa composition est généralement celle de la stéatite pure.

Je citerai comme exemple de stéatite ollaire celle de Prales, en Piémont, qui est blanche, celle du Groenland qui est blanc verdâtre, ainsi que celle de Madras dans l'Inde, qui est connue sous le nom de *Balpum* et qui a une couleur grise.

II. (*b*). Talc ollaire. — La *pierre ollaire* est souvent formée de *talc* proprement dit.

Le talc s'y présente avec les caractères qui lui sont habituels. Il est généralement lamelleux, quelquefois fibreux. Sa couleur est grise ou verdâtre ; son éclat argenté. Ses lamelles sont plus tendres, plus pâles et habituellement de plus grandes dimensions que celles de

la chlorite. Elles sont aussi plus réfractaires. En outre, elles ne se laissent pas complétement décomposer par l'acide. Pour la pierre ollaire de Kvikne, par exemple, j'ai trouvé que le résidu de l'attaque dans l'eau régale était de 50 p. 100.

Le talc ollaire se tourne en ustensiles auxquels on donne habituellement une épaisseur intermédiaire entre celle de la chlorite et de la stéatite ollaire.

Tandis que la stéatite ollaire peut être uniquement formée de stéatite, le talc ollaire contient le plus généralement des minéraux accessoires et spécialement des carbonates, du fer oxydulé, de la chlorite.

Les carbonates qui lui sont associés se distinguent assez difficilement; mais ils se montrent en lamelles brunes et microscopiques lorsque la roche a été calcinée. Ils sont surtout à base de magnésie et de fer, car ils ne se décomposent qu'avec la plus grande lenteur par les acides forts, et j'ai même constaté que l'effervescence du talc ollaire de Chiavenna pulvérisé pouvait se prolonger pendant quinze jours. D'un autre côté, ces carbonates résistent moins bien à l'action de la chaleur que le carbonate de chaux. En effet, à la température du rouge sombre à laquelle le carbonate de chaux n'est pas encore décomposé, le talc ollaire de Chiavenna éprouve déjà une perte de 13 p. 100 qui consiste essentiellement en acide carbonique.

On peut s'étonner qu'une roche servant à la fabrication d'ustensiles qui vont sur le feu, éprouve une perte pareille à une température aussi basse.

Il est vraisemblable que dans ces ustensiles la décomposition par la chaleur n'a lieu que sur une faible épaisseur et seulement dans la partie qui reçoit directement l'action de la flamme.

D'après ce que je viens de dire sur la résistance aux

acides des carbonates mélangés au talc ollaire, on comprend d'ailleurs qu'ils ne sont pour ainsi dire pas attaqués par le vinaigre et par les acides faibles.

Si l'on admet que le carbonate mélangé au talc ollaire renferme 44,21 d'acide carbonique, comme le mésitinspath, on trouve que le talc ollaire de Chiavenna contient 31,74 de carbonate et celui de Kvikne 22,62; par conséquent le talc ollaire peut renfermer plus de 30 p. 100 de carbonates.

Le fer oxydulé ayant été enlevé aussi bien que possible avec le barreau aimanté, la teneur en silice du reste qu'on obtient, après avoir retranché les carbonates, est à peu près celle des silicates qui composent la roche. Il est facile de constater qu'elle s'élève à 53,57 pour la pierre ollaire de Chiavenna et à 49 pour celle de Kvikne.

On voit donc que la teneur en silice du silicate est inférieure à celle du talc, mais elle s'en rapproche cependant pour la roche de Chiavenna. La différence doit d'ailleurs être attribuée à ce que la composition du carbonate n'est pas exactement connue et surtout à ce que le talc est mélangé de chlorite.

Cette chlorite est en paillettes vert foncé qui sont microscopiques et qui pénètrent les lamelles de talc. Elle paraît riche en oxyde de fer et elle se rapporte au ripidolithe.

Comme le talc ne contient pas ou presque pas d'alumine, la proportion de chlorite que renferme la roche est indiquée par la quantité d'alumine qui s'y trouve.

Il est d'ailleurs facile de la calculer approximativement d'après la teneur en silice du talc, de la chlorite et d'après celle du silicate qui reste quand on a retranché le carbonate. On trouve ainsi que pour le talc ollaire de Kvikne la proportion de chlorite serait à peu près de 1/7.

On peut remarquer que les pierres ollaires de Chia-

venna et de Kvikne contiennent plus de magnésie que le talc pur; cette circonstance doit être attribuée à ce qu'elles renferment un carbonate qui est surtout à base de magnésie.

— La stéatite ollaire et le talc ollaire sont des matériaux réfractaires. Ils s'emploient non-seulement à la fabrication des ustensiles de ménage, mais aussi à divers usages dans les constructions. On s'en sert spécialement pour les fourneaux : c'est ce qui a lieu, par exemple, à Hospenthal, au pied du Saint-Gothard; à Freiheitsberg, près de Zoptau en Moravie. En Styrie, la stéatite s'emploie même pour la construction des fours à réverbère.

— On peut réserver spécialement le nom de *pierre ollaire* pour celle qui n'est plus formée presque entièrement par un minéral simple. III. Pierre ollaire.

Ainsi, par exemple, il arrive fréquemment qu'une pierre ollaire contient à la fois une grande proportion de chlorite et de talc; c'est notamment ce qui a lieu pour la pierre ollaire de Kutnagherry (Inde). On y distingue non-seulement des lamelles de chlorite vert foncé, mais encore du talc grisâtre à éclat argenté.

L'analyse de cette pierre ollaire de Kutnagherry est donnée sous le n° V.

Les quantités d'eau et d'alumine qu'elle renferme, montrent bien que la chlorite y est abondante.

Si on la considère comme formée seulement de chlorite et de talc, on trouve, d'après la teneur en silice habituelle à ces deux minéraux, qu'elle doit en contenir des proportions à peu près égales.

Lorsqu'une pierre ollaire est à la fois chloritique ou talqueuse, comme celle de Kutnagherry, on comprend d'ailleurs que toutes ses propriétés sont nécessairement celles qui résultent d'un mélange de chlorite et de talc.

— La *pierre de Baram* des anciens Égyptiens est encore une pierre ollaire composée. Elle servait à faire des vases, des assiettes, et, d'après la collection que possède le musée égyptien du Louvre, cette roche paraît être une serpentine chargée de chlorite.

Lorsque la serpentine n'est pas associée à la chlorite ou bien au talc, elle a du reste une fragilité qui ne permet guère de l'employer comme pierre ollaire.

Gisement. — Relativement au gisement de la pierre ollaire, j'observerai qu'elle se trouve surtout en couches ou en amas dans les schistes cristallins et dans les roches métamorphiques. Elle constitue quelquefois les skölars de la Scandinavie : elle présente alors des espèces de filons d'une épaisseur variable qui traversent des roches très-différentes par leur nature et par leur âge (1).

Résumé. — En résumé, on sait que tous les hydrosilicates de magnésie ont la plupart de leurs propriétés communes; ils sont tendres, doux au toucher, plus ou moins réfractaires, et ils se laissent même travailler sur le tour : c'est ce qui a lieu notamment pour la chlorite, le talc, la serpentine, la pyrosclérite, l'écume de mer.

On comprend donc que toutes les roches formées par ces hydrosilicates de magnésie, doivent nécessairement jouir de propriétés plus ou moins voisines de celles qui ont été assignées à la pierre ollaire.

Mais quoi qu'il en soit, si l'on considère la pierre ollaire proprement dite, celle qui sert à la fabrication des ustensiles de ménage et qui peut supporter l'action du feu, on voit qu'elle est le plus généralement formée de chlorite , de talc ou de mélanges en proportions variables de ces deux minéraux.

---

(1) Durocher. *Annales des mines*, 4e série, t. XV, p. 216 : Gîtes métallifères de la Suède, de la Norwége et de la Finlande.

DEUXIÈME NOTE

SUR

L'EMPLOI DE LA HOUILLE DANS LES LOCOMOTIVES.

Par M. DE COMMINES DE MARSILLY, Ingénieur des mines,

et

M. CHOBRZYNSKI, Ingénieur, inspecteur principal au chemin de fer du Nord.

Nous avons fait connaître (1) les premiers résultats obtenus par l'application nouvelle des grilles à gradins aux foyers des locomotives; avec ces grilles, la houille pouvant être brûlée seule sans mélange de coke, elle faisait un excellent service; son emploi présentait une grande supériorité sur celui du coke, et procurait une économie incontestable : pendant le seul mois de décembre 1855, on avait réalisé au chemin du Nord, avec 62 locomotives marchant à la houille, une économie de 35.764 francs.

Résultats consignés dans notre premier mémoire.

Ces résultats ont été pleinement confirmés par ceux obtenus pendant une année entière (1856), sur une échelle plus grande encore : le nombre des machines a été augmenté; au 31 décembre dernier, on comptait sur le chemin du Nord 83, et sur le chemin d'Orléans 134 locomotives munies de grilles à gradins, et marchant uniquement à la houille.

Confirmation de ces résultats par l'expérience de l'année 1856.

Quelques modifications, dictées par l'expérience, ont amélioré dans certains cas leur usage.

Modifications faites à la grille à gradins.

Le nettoyage des grilles à gradins est assez difficile quand l'arrière du foyer n'est point coupé; cet incon-

(1) *Annales des mines*, t. IX, p. 53.

vénient devient plus grave encore lorsqu'on brûle des charbons impurs; il est alors nécessaire de piquer le feu souvent, et de dégager le mâchefer; de plus, les barreaux plats se brûlent rapidement.

Nous avons remédié à cet inconvénient en composant la grille (Pl. IX, *fig.* 1, 2, 3, 4) d'un ou deux barreaux plats seulement à la partie supérieure (1), puis de barreaux longitudinaux inclinés : le jette-feu la termine.

La houille distille lentement sur le barreau supérieur et s'y agglutine, ce qui facilite la combustion de la fumée. Le piquage du feu s'opère aussi facilement qu'avec les grilles ordinaires.

Cas où elles conviennent surtout

Cette disposition de la grille convient spécialement aux charbons gras et flambants et à ceux qui renferment beaucoup de cendres.

Ouvertures ménagées dans les barreaux plats.

Il est utile de ménager des trous ou une ouverture longitudinale dans les barreaux plats; l'accès de l'air est plus facile et la combustion plus active.

Jets de vapeur.

Nous avons généralisé l'emploi de jets de vapeur dans la cheminée; ils permettent d'éviter la fumée pendant les stationnements.

État de la houille employée.

La houille que l'on consomme est à l'état de gros; cependant les mécaniciens sont parvenus à brûler en même temps une certaine quantité de menu; quoiqu'en général ils préfèrent le gros, ils marchent également bien avec la gailleterie.

Avantages que présentent les mélanges de houilles grasses et demi-grasses ou maigres.

Les houilles maigres qui décrépitent au feu ne peuvent être employées, mais on fait un bon service avec les houilles demi-grasses telles que celles de Charleroi; toutefois l'expérience a fait connaître qu'il y avait

(1) Quand le foyer est petit, comme dans les locomotives du chemin de fer d'Orléans, un seul barreau de $0^m,22$ de longueur suffit; quand il y a une grande longueur, comme dans les *Crampton* et dans les *Engerth*, on en place deux ou trois.

avantage à les mélanger avec des houilles grasses, quoiqu'elles n'aient point un pouvoir calorifique plus élevé.

Les houilles du *Carabinier-Français*, qui appartiennent à la catégorie des houilles demi-grasses de Charleroi, ont la composition suivante, abstraction faite des cendres :

Hydrogène.	4,24
Carbone.	90,09
Oxygène et azote.	5,67
	100,00

Les houilles du *Poirier*, qui sont des houilles grasses de Charleroi, ont une composition peu différente :

Hydrogène.	4,78
Carbone.	89,01
Oxygène.	6,21
	100,00

On voit que les pouvoirs calorifiques de ces deux espèces de houille sont à peu près les mêmes; mais la première colle à peine au feu. Lorsqu'on la brûle dans les foyers des locomotives, il y a beaucoup de poussière et de menu entraînés par le tirage dans les tubes et dans la boîte à fumée; ils s'y brûlent au lieu de brûler dans le foyer ; la flamme est longue, les gaz sortent trop chauds du tube, le charbon passe vite. La houille grasse, au contraire, colle bien; sa flamme est très-courte et très-chaude, la production de chaleur se concentre dans le foyer, et les gaz, au sortir des tubes, sont dépouillés de la chaleur autant que le permet la construction nécessairement imparfaite des chaudières : elle dure au feu, et fait un service économique. On comprend que par son mélange avec la première, la houille grasse empêche l'entraînement du menu, et rende la combustion plus active et plus intense dans le foyer.

Les compagnies de chemins de fer ont donc un grand intérêt à étudier les houilles qu'elles consomment, et à

faire des mélanges dans des proportions convenables; elles réaliseront par-là une économie de consommation, et agrandiront le champ de leurs approvisionnements.

Usure des grilles.

L'usure des grilles à gradins n'est guère plus rapide que celle de grilles ordinaires; l'accroissement de dépense qui en résulte est très-faible.

Usure des tubes et des foyers. La houille exerce une action moins destructive que le coke.

C'était une opinion assez accréditée il y a quelques années parmi les ingénieurs des chemins de fer, que la houille exerce une action destructive sur les foyers et les tubes. Une expérience de deux années aux chemins du Nord et d'Orléans, prouve que cette opinion est complétement erronée; nous avons constaté que les foyers et les tubes des locomotives marchant à la houille, sont mieux conservés que ceux des locomotives marchant au coke.

Faits qui le prouvent.

La machine n° 135, qui avait parcouru 103.755 kil. au coke, a pu faire encore 95.258 kil. à la houille avec les mêmes tubes; soit en tout 199.009 kil. avant que ces tubes aient eu besoin d'être remplacés. Il n'y avait pas encore d'exemple de tubes ayant supporté un aussi long parcours sans être retirés et réparés.

Les tubes des machines n°s 125, 127, 213, 281 et 283, dont les parcours dépassent le service ordinaire au coke, paraissent cependant encore en bon état.

Le tableau suivant donne les parcours de ces machines avec les mêmes tubes au 31 décembre 1856 (1).

---

(1) Au chemin de fer de Strasbourg, on brûle de la houille de Sarrebruck, qui est très-sale, dans les foyers des locomotives à marchandises, sur les grilles ordinaires; on n'a point remarqué que l'usure des tubes et des foyers soit plus rapide qu'avec le coke.

NUMÉROS des machines.	PARCOURS AU 31 DÉCEMBRE 1856.			OBSERVATIONS.
	au coke.	à la houille.	Total.	
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.	
125	103.919	71.072	174.991	Tubes placés en mai 1853.
127	38.979	89.407	128.386	Tubes placés en janvier 1854.
218	67.825	58.086	125.911	Tubes placés en août 1853.
281	60.276	47.648	107.864	Tubes primitifs.
283	56.956	62.279	119.235	*Idem.*

Il est rare, avec le coke, que les tubes ne soient pas remplacés après un parcours de 125.000 kilomètres.

On ne comprendrait point que les houilles que nous brûlons usassent rapidement le foyer ; elles sont très-pures, renferment peu de soufre, seulement des traces d'arsenic et une faible proportion d'azote ; le soufre donne de l'acide sulfureux qui est sans action sur le cuivre ; l'arsenic est en quantité trop minime pour exercer une action sensible. Les produits azotés peuvent consister soit en ammoniaque, soit en composés nitreux ; mais il s'en forme si peu, qu'ils ne peuvent nuire à la conservation des tubes et des foyers. Les morceaux incandescents de houille ne s'attachent pas au métal comme les morceaux de coke ; enfin la houille est friable, et les parcelles entraînées par le courant d'air ne peuvent, par leur frottement, produire d'usure.

Causes pour lesquelles l'action de la houille est moins destructive que celle du coke.

Il n'en est pas de même du coke ; il est dur, et présente une surface rugueuse ; les morceaux qui sont entraînés dans les tubes les usent ; ils s'y attachent, ainsi qu'aux parois du foyer, et, en brûlant, ils exercent aux points de contact une action corrosive due surtout, sans doute, aux sulfures que le coke renferme.

La production de vapeur est plus rapide et plus soutenue avec la houille qu'avec le coke ; les mécaniciens maintiennent plus facilement leur allure en marche. Si par suite du mauvais temps, des rampes, ou de la charge

Rapidité et puissance de production de vapeur avec la houille.

qu'ils ont à remorquer, ils éprouvent des difficultés, ils les surmontent mieux avec la houille; la puissance de vaporisation est plus grande; par suite, la marche des trains mieux assurée, la sécurité des voyageurs mieux garantie qu'avec le coke.

Explication de cette supériorité de la houille sur le coke.

Ce résultat, qui peut surprendre au premier abord, s'explique pourtant sans peine. Un hectolitre de coke pèse en moyenne 40 kil., tandis qu'un hectolitre de grosse houille pèse 80 kil.; par conséquent, dans le même foyer, pour la même hauteur de charge, on mettra en poids deux fois plus de houille que de coke.

Prenons pour exemple la houille de Bois-du-Luc (Belgique) et le coke fabriqué avec cette houille; on brûle l'un et l'autre au chemin du Nord.

Les compositions de ces combustibles sont en moyenne les suivantes :

Coke.		*Houille.*	
Hydrogène.	0,45	Eau hygrométrique. . .	0,20
Carbone.	88,44	Hydrogène.	4,47
Oxygène.	1,99	Carbone.	87,95
Cendres.	6,72	Oxygène (et azote). . .	5,68
Eau.	3,00	Cendres.	1,70
	100,00		100,00

Si l'on calcule les pouvoirs calorifiques d'après la loi de Welter, on trouve :

Pour le coke. 6.461 (1)
Pour la houille. 7.168

Ainsi, avec la houille, on peut concentrer dans le foyer une masse de combustible capable de développer deux fois autant de chaleur et plus qu'avec le coke. Quand la combustion de la houille s'opère dans de bonnes conditions, on peut donc faire un meilleur service avec celle-ci qu'avec celui-là.

Nous avons fait des essais comparatifs nombreux

(1) On ne tient pas compte de la quantité de chaleur nécessaire pour vaporiser l'eau renfermée dans le coke.

entre les grilles ordinaires et les grilles à gradins : l'avantage, au point de vue de la facilité de la marche, de la combustion, de la fumée et de l'économie de consommation, est toujours resté d'une manière évidente aux grilles à gradins.

Comparaison entre les grilles ordinaires et les grilles à gradins.

Résumé.

En résumé, une expérience de deux années, s'étendant à plus de deux cents locomotives sur les chemins du Nord et d'Orléans, prouve que l'application de ces grilles permet de brûler la houille seule, au lieu de coke, pour le service des voyageurs et des marchandises. Le service est plus facile qu'avec le coke; il y a, en outre, économie dans le prix d'achat du combustible et dans la consommation.

Les tableaux qui suivent font connaître sommairement la consommation des locomotives des chemins du Nord marchant à la houille, et l'économie réalisée pendant les années 1855 et 1856.

1° *Machines Crampton* (*service des voyageurs-express*).

MACHINES A GRILLES ORDINAIRES au coke.					MACHINES A GRILLES INCLINÉES à la houille.				
Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.	Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.
		kilom.	kilogr.	kil.			kilom.	kilogr.	kil.
1854	7	194.432	1.632.565	8,4	1854	»	»	»	»
1855	23	959.771	8.139.825	8,5	1855	7	239.307	1.873.210	7,8
1856	11	410 740	3.296.270	8,05	1856	5	262.213	1.935.300	7,4
		1.564.943	13.068.660	8,3			501.520	3.808.510	7,6

En comptant le coke à 35 francs la tonne, et la houille à 30 francs (1), la dépense par kilomètre est de :

Pour le coke. 0f,29
Pour la houille. 0f,228

L'économie par kilomètre est de 0f,062.

Pour 501.520 kilomètres, de 31.094 francs.

(1) Ces chiffres de 30 et 35 fr. sont les moyennes adoptées dans la comptabilité du chemin de fer du Nord. Sur d'autres lignes, l'écart est plus considérable.

2° *Petites machines à marchandises*, n°s 201 à 274.

MACHINES A GRILLES ORDINAIRES au coke.					MACHINES A GRILLES INCLINÉES à la houille.				
Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.	Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.
		kilom.	kilogr.	kil.			kilom.	kilogr.	kil.
1854	7	102.387	1.108.112	10,8	1854	»	»	»	»
1855	27	498.448	5.203.960	10,4	1855	7	126.513	1.188.565	9,4
1856	20	516.686	4.962.900	9,6	1856	8	209.944	1.870.700	9,0
		1.117.521	11.274.972	10,1			336.457	3.059.265	9,1

La dépense par kilomètre est de :

Pour le coke. 0f,353
Pour la houille. 0f,273

L'économie par kilomètre est de 0f,08.
Et, pour 336.457 kilomètres, de 26.916 francs.

3° *Grosses machines à marchandises Creusot*, n°s 275 à 838, *marchant avec houille et coke* (1).

MACHINES A GRILLES ORDINAIRES au coke.					MACHINES A GRILLES INCLINÉES à la houille.				
Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.	Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.
		kilom.	kilogr.	kil.			kilom.	kilogr.	kil.
1854	32	787.084	12.323.205	15,6	1854	»	»	»	»
1855	32	643.031	10.387.953	15,19	1855	60	828.129	11.489.770	13,8
1856	11	247.475	3.494.970	14,2	1856	53	1.558.705	19.613.280	12,6
		1.677.590	26.206.128	15,7			2.386.834	31.103.050	13,1

La dépense par kilomètre est de :

Pour le coke. 0f,549
Pour la houille. 0f,893

L'économie par kilomètre est de 0f,156.
Et, pour 2.386.834 kilomètres, de 372.346 francs.

(1) Ce système de machines permet de brûler la houille sur les grilles ordinaires, car leur section est considérable, mais le service est plus difficile qu'avec les grilles inclinées par suite de l'entraînement de parcelles de charbon dans les boîtes à fumée. La consommation est considérable et la fumée est mal brûlée.

4° *Machines Engerth à marchandises.*

MACHINES A GRILLES ORDINAIRES au coke.					MACHINES A GRILLES INCLINÉES à la houille.				
Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.	Années.	Nombre de machines.	PARCOURS.	CONSOMMATION totale.	CONSOMMATION par kilom.
		kilom.	kilogr.	kil.			kilom.	kilogr.	kil.
1856	2	17.982	315.200	17,5	1856	11	145.709	2.364.350	16,1

La dépense par kilomètre est de :

Pour le coke. 0f,612
Pour la houille. 0f,483

L'économie par kilomètre est de 0f,129.
Et, pour 145.709 kilomètres, de 18.796 francs.

Résumé de l'économie réalisée par la compagnie du Nord en 1855 et 1856.

			fr.
1° Sur	501.520	kilomètres parcourus par les machines Crampton.	31.094
2° Sur	336.457	kilomètres parcourus par les petites machines à marchandises.	26.916
3° Sur	2.886.234	kilomètres parcourus par les grosses machines Creuzot.	372.346
4° Sur	145,709	kilomètres parcourus par les machines Engerth (marchandises). . .	18.796
	3.869.920	kilomètres. Total.	449.152

On remarquera que des locomotives Crampton, spécialement affectées au service des trains express, ont marché constamment à la houille : jamais la marche n'a été ralentie à cause de la qualité du combustible ; jamais non plus on ne s'est plaint de la fumée ; la houille choisie avec discernement peut donc faire le service des trains de voyageurs comme celui des trains de marchandises.

La houille peut être employée pour le service des trains de voyageurs comme pour celui des marchandises.

NOTE SUR LE MÊME SUJET.

Par M. COUCHE.

L'emploi de la houille en nature est à l'étude sur plusieurs chemins de fer, et déjà organisé régulièrement sur un certain nombre, tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne. Les *Annales* suivront attentivement les progrès de cette importante application, sur laquelle les travaux de MM. Chobrzinski et Marsilly ont si justement appelé l'attention. Un fait remarquable ressort dès à présent des résultats obtenus par ces ingénieurs : c'est que, sous certaines conditions de nature et de mode d'emploi, la houille est décidément préférable au coke, non-seulement sous le rapport économique, mais par l'ensemble de ses propriétés. Au chemin du Nord, l'écart des prix est faible, et l'économie ressort surtout de la moindre consommation de houille; mais une économie aussi grande, et même de beaucoup supérieure, peut être réalisée dans des circonstances toutes différentes. Nous citerons comme exemple le chemin de fer Saxo-Bavarois (de Leipzig à Hof). L'emploi de certaines variétés de houille de Zwickau, expérimenté à diverses reprises dès l'année 1850, fonctionne régulièrement sur cette ligne depuis 1854. Au mois de novembre dernier, l'économie en faveur de la houille s'élevait à 59,6 p. 100, malgré un surcroît de consommation de 36 p. 100. Il est probable, du reste, que l'énorme écart entre les prix de la houille et du coke tient à quelque cause accidentelle.

Quant à l'inclinaison de la grille, les avis sont partagés sur ses avantages. Il faut reconnaître qu'au point de vue de la fumivorité, une inclinaison prononcée va, à certains égards, contre le but, car elle éloigne du combustible incandescent les produits de la distillation du combustible frais. Il serait même, sous ce rapport, préférable d'incliner la grille en sens inverse, en chargeant le combustible au pied du plan incliné, au lieu de le charger au sommet. On se rapprocherait ainsi, s'il était possible d'imprimer au combustible un mouvement ascendant, des conditions réalisées par l'appareil de M. Duméry : les produits de la distillation seraient forcés, pour se rendre aux tubes, de lécher le coke en ignition. Mais la nouvelle grille à barreaux longitudinaux (Pl. IX, *fig.* 1 à 4) est beaucoup moins inclinée que la grille à gradins décrite au tome IX des *Annales;* et la disposition adoptée par MM. Chobrzinski et Marsilly a d'ailleurs l'incontestable avantage de faciliter et de régler le mouvement progressif des charges, de la porte vers la plaque tubulaire. C'est la condition essentielle de l'emploi de la houille; et quand l'inclinaison de la grille n'aurait d'autre effet que d'en assurer l'accomplissement, ce serait assez pour justifier cette disposition, au moins à titre provisoire, et jusqu'à ce que les mécaniciens soient assez pénétrés de l'importance de cette règle capitale de la conduite du feu, pour s'y conformer même avec la grille horizontale.

RÉSULTATS

D'EXPÉRIENCES COMPARATIVES SUR LE CHAUFFAGE D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR AVEC LE FOYER ORDINAIRE ET AVEC CELUI DE M. DUMÉRY.

Par M. MEUGY, ingénieur des mines.

Ces expériences, faites dans la minoterie de M. Tourneville à Essonnes, avaient pour objet de rechercher l'économie de combustible qu'on peut attendre de l'appareil fumivore établi dans cette usine. Nous y avons assisté sur la demande de M. Duméry et nous nous sommes arrangé de manière à ce que toutes les notes et observations fussent contrôlées avec soin par un agent de l'administration qui nous suppléait en cas d'absence. Les expériences ont duré six jours. On a marché pendant les trois premiers jours avec la grille ordinaire et pendant les trois autres avec le foyer Duméry. Nous nous abstiendrons de donner aucun détail sur la construction de cet appareil, qui a déjà été décrit antérieurement (1).

Le moulin de M. Tourneville comprend sept paires de meules dont trois sont mues par une roue hydraulique de 15 chevaux et quatre par une roue plus faible aidée d'une machine à vapeur à deux cylindres (système Woolf) dont la force nominale est de 15 chevaux. Pendant les expériences, la machine marchant seule ou avec la roue a fait mouvoir trois paires de meules avec

(1) *Annales des mines*, 5e série, t. VIII, p. 101.

un appareil à nettoyer le grain et des blutoirs. Elle donnait trente-cinq doubles coups de piston par minute, ce qui correspond à une vitesse de $1^m,05$ par seconde, le rayon de la manivelle étant de $0^m,45$.

Le générateur consiste en une chaudière cylindrique à calottes hémisphériques munie de deux bouilleurs dont les dimensions sont :

	mèt.
Longueur du corps principal. . .	4,90
Diamètre.	0,80
Longueur des bouilleurs.	5,20
Diamètre.	0,40

d'où l'on déduit pour la surface de chauffe, en prenant moitié de la chaudière et les trois quarts des bouilleurs, $15^{mq},95$.

Les produits de la combustion passent d'abord sous le bouilleurs, puis reviennent sur eux-mêmes dans un conduit qui enveloppe la partie inférieure de la chaudière et s'échappent dans la cheminée de tirage. La grille a $1^m,75$ de longueur sur $0^m,56$ de largeur, soit $0^{mq},98$ de surface. Quant à la cheminée, elle se compose d'un simple tuyau en tôle dont la hauteur est de 32 mètres et la section de $0^{mq},15$.

La houille consommée provient de Commentry. C'est un mélange ou tout-venant qui revient aujourd'hui à Essonnes à 34 francs les 1.000 kilogrammes.

J'ai trouvé pour sa composition :

Charbon.	56,80
Matières volatiles.	37,70
Cendres.	5,50
Total.	100,00

On a mesuré avec soin le charbon fourni au chauffeur par paniers contenant chacun 50 kilogrammes.

On a aussi mesuré la quantité d'eau fournie à la

pompe d'alimentation au moyen d'un baquet jaugeant 60 litres. La température de cette eau était indiquée par un thermomètre.

On a noté de quart d'heure en quart d'heure la pression de la vapeur indiquée par le manomètre Desbordes adapté à la chaudière, et vérifié au moyen de l'étalon de l'administration.

Enfin on a pris note du travail utile produit.

On s'est attaché bien entendu à ce que le niveau d'eau accusé par un tube indicateur en verre fût le même au commencement et à la fin de chaque journée. Ce niveau n'a du reste varié que très-peu en raison de la régularité de l'alimentation.

Les tableaux suivants rendent compte des opérations de chaque jour. On a marché avec la grille ordinaire pendant les trois premiers jours (20, 21 et 22 janvier). Le 23, on a suspendu les expériences afin de recommencer le lendemain avec le foyer fumivore dans les mêmes conditions que celles où on avait opéré les jours précédents. Le 24, la machine à vapeur et la roue hydraulique ont marché ensemble comme le 20 janvier.

FOYER ORDINAIRE.

Journée du 20 janvier 1857.

HEURES		ALIMENTATION D'EAU.		PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
		Litres.	Température.			
			degrés	atm.	kil.	
7^h	30'	»	»	3,50	100	La roue hydraulique marche en même temps que la machine. On n'a commencé à alimenter qu'à 9^h 45'.
	45	»	»	3,40		
8		»	»	3,50		
	15	»	»	3,65		
	30	»	»	3,60		
	45	»	»	3,80		
9		»	»	3,70		
	15	»	»	4,00		
	30	»	»	4,00	100	
	45	120	29°, 27°	3,90		
10		60	30	4,00		
	15	60	30	4,10		
	30	»	»	4,00		
	45	60	33	4,00		
11		60	31	4,00		
	15	60	31	4,00		
	30	60	31	4,10		
	45	»	»	4,10	100	
12		»	»	4,00		
	15	120	31, 29	4,10		
	30	60	29	3,90		
	45	»	»	4,10		
1		120	29, 30	4,10		
	15	60	29	4,10		
	30	»	»	4,00		
	45	»	»	4,00		
2		»	»	3,80		
	15	60	30	3,75		
	30	»	»	3,80		
	45	60	29	3,90		
3		120	30, 30	3,50		
	15	120	34, 33	4,00		
	30	»	»	3,50	50	
	45	»	»	4,00		
4		120	30, 32	4,10		
	15	60	31	3,90		
	30	60	33	3,80		
	45	»	»	4,00		
5		60	31	4,00		
	15	»	»	4,00		
	30	180	22, 22, 22	3,70		
	45	»	»	3,50		
6		»	»	3,50		
10	30	1.680	29°,57° moyenne.	3,87 moyenne.	350	

Quantité d'eau vaporisée par heure. . . . . $160^l,00$
Quantité de houille brûlée par heure.. . . . . $33^k,33$
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. . . $4^l,8$

FOYER ORDINAIRE.

Journée du 21 *janvier* 1857.

HEURES.	ALIMENTATION D'EAU. Litres.	Température.	PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
		degrés.	atm.	kil.	
6h 00′	»	»	3,50	100	La machine à vapeur marche seule.
15	»	»	4,00		
30	»	»	4,00		
45	120	18°, 20′	4,10		
7	60	28	4,10		
15	60	33	4,10		
30	60	30	4,50		
45	120	48, 38	4,20		
8	»	»	3,90		
15	60	43	4,30	100	
30	120	56, 47	4,45		
45	60	46	4,40		
9	60	48	4,10		
15	»	»	4,20		
30	120	49, 49	4,10		
45	120	48, 48	4,20		
10	60	48	4,50	100	
15	120	48, 48	4,30		
30	»	»	4,40		
45	»	»	4,30		
11	120	27, 27	4,20		
15	60	»	4,40		
30	120	45, 48	4,30		
45	60	48	4,10	100	
12	60	48	4,30		
15	120	48, 48	4,30		
30	60	47	4,50		
45	60	48	4,30		
1	60	47	4,50		
15	60	52	4,50		
30	60	52	4,20		
45	120	52, 50	4,50		
2	60	49	4,20	100	
15	»	»	4,40		
30	»	»	4,10		
45	60	49	4,10		
3	120	49, 49	4,30		
15	»	»	4,00		
30	»	»	4,00	100	
45	120	48, 42	4,00		
4	60	49	4,20		
15	60	52	3,90		
30	60	48	4,00		
45	120	49, 49	4,00		
5	»	»	3,60		
15	60	46	3,60		
30	120	32, 32	3,50		
45	60	32	3,40		
6	»	»	»		
12	3.000	43°,47 moyenne.	4,14 moyenne.	600	

Quantité d'eau vaporisée par heure. . . . . 250 litres.
Quantité de houille brûlée par heure. . . . . 50 kil.
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. 5 litres.

FOYER ORDINAIRE.

Journée du 22 janvier 1857.

HEURES.	ALIMENTATION D'EAU.		PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
	Litres.	Température.			
		degrés.	atm.	kil.	
6h 00'	»	»	4,50		
15	120	29° 40°	4,30	50	La machine à vapeur
30	180	36, 41, 41	4,50		marche toujours seule.
45	60	41	4,30		
7	120	39, 38	4,50		
15	»	»	4,40		
30	120	38, 38	4,50		
45	»	»	4,30	100	
8	120	38, 38	4,30		
15	60	38	4,50		
30	60	39	4,50		
45	60	39	4,50		
9	60	41	4,10		
15	120	42, 41	3,90	100	
30	60	40	4,10		
45	120	45, 35	4,10		
10	60	38	4,10		
15	»	»	4,30		
30	»	»	4,00		
45	»	»	4,20		
11	60	49	4,30		
15	120	29, 30	4,00		
30	60	40	4,20	100	
45	60	40	4,00		
12	60	40	4,30		
15	60	43	4,10		
30	120	43, 41	4,20		
45	120	42, 41	4,10		
1	120	42, 43	4,20		
15	120	39, 35	4,30		
30	120	32, 32	4,30	100	
45	60	32	4,20		
2	»	»	4,00		
15	»	»	4,20		
30	60	33°	4,00		
45	60	33	4,10		
3	60	32	4,50		
15	120	31, 31	4,10		
30	60	32	4,00		
45	60	32	4,40	100	
4	»	»	4,00		
15	60	36	4,30		
30	40	36	4,00		
45	»	»	4,50		
5	»	»	4,50		
15	»	»	4,50		
30	»	»	3,70		
45	»	»	3,70		
6	»	»	»		
12	2.980	38°,04 moyenne.	4,22 moyenne.	550	

Quantité d'eau vaporisée par heure. . . . . $248^{l},333$
Quantité de houille brûlée par heure. . . . . $45^{k},833$
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. . $5^{l},41$

FOYER DUMÉRY.

Journée du 24 janvier 1857.

HEURES.	ALIMENTATION D'EAU. Litres.	Température.	PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
		degrés.	atm.	kil.	
7h 0'	»	»	3,20		La machine à vapeur marche avec la roue hydraulique comme le 20; mais la roue n'a pas tout à fait la même force que le 20 janvier à cause du niveau de l'eau qui s'est un peu élevé dans le bief d'aval.
15	»	»	4,00	100	
30	120	20°, 20°	4,50		
45	60	20	4,20		
8	»	»	4,20		
15	60	20	4,40		
30	120	18, 18	4,20		
45	60	18	4,50		
9	»	»	3,60		
15	»	»	3,90		
30	»	»	4,20		
45	60	20	4,20		
10	60	20	4,20		
15	60	22	4,20		
30	»	»	4,20		
45	»	»	4,10		
11	60	22	4,10		
15	120	22, 23	4,20		
30	60	23	4,20		
45	60	29	4,10		
12	»	»	4,00		
15	60	30	4,10		
30	»	»	4,10		
45	»	»	4,10		
1	60	30	4,10	30	
15	»	»	4,10		
30	120	30, 30	4,20		
45	»	»	4,20		
2	60	31	4,40		
15	60	31	4,40		
30	»	»	4,40	70	
45	»	»	4,10		
3	60	30	4,00		
15	60	30	4,00		
30	60	30	4,30		
45	60	31	4,40		
4	60	30	4,50		
15	60	28	4,50		
30	»	»	4,40		
45	»	»	4,50	25	
5	»	»	4,30		
15	60	27	4,20		
30	»	»	4,20		
45	»	26	4,20		
6	»	»	4,20		
11	1.740	25, 13 moyenne.	4,18 moyenne.	225	

Quantité d'eau vaporisée par heure. 158l,181
Quantité de houille brûlée par heure. 20k,254
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. . 7l,733

FOYER DUMÉRY.

Journée du 25 *janvier* 1857.

HEURES.	ALIMENTATION D'EAU — Litres.	ALIMENTATION D'EAU — Température.	PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
		degrés.	atm.	kil.	
7h 0'	»	»	4,10	100	La machine à vapeur marche seule comme le 21 janvier.
15	120	20°, 20	3,60		Un manchon d'embrayage s'est cassé le matin, au moment de la mise en marche, ce qui a retardé le fonctionnement de la machine et donné lieu à une perte notable de vapeur par le tuyau d'échappement qu'on a dû ouvrir.
30	»	»	4,40		La vitesse de la machine est notablement moindre que les jours précédents.
45	»	»	3,50		
8	120	23 25	3,80		
15	»	»	3,90		
30	»	»	4,00		
45	60	25	4,20	100	
9	120	25 26	4,30		
15	60	22	4,40		
30	120	21 21	4,30		
45	60	21	4,50		
10	60	25	4,30		
15	60	25	4,40		
30	60	25	4,30	100	
45	60	26	4,10		
11	60	27	4,10		
15	60	26	4,60		
30	60	26	4,30		
45	60	28	4,30		
12	60	28	4,40		
15	60	29	4 00		
30	»	»	4,00		
45	60	29	4,30		
1	60	30	4,20	60	
15	60	29	4,20		
30	60	29	4,40		
45	60	29	4,10		
2	60	28	4,10		
15	60	27	4,30		
30	60	27	4,60		
45	60	27	4,60		
3	60	27	4,60		
15	60	27	4,90		
30	60	27	4,70		
45	60	27	4,40		
4	»	»	4,40		
15	60	27	4,50		
30	60	28	4,50		
45	60	27	4,20		
5	60	27	4,30		
15	60	28	4,30		
30	60	28	4,10		
45	60	29	3,80		
6	120	28 28	3,50		
11	2.580	26°,25 moyenne.	4,21 moyenne.	360	

Quantité d'eau vaporisée par heure. 234l,545
Quantité de houille brûlée par heure. 32k,727
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. . 7l,17

FOYER DUMÉRY.

Journée du 26 janvier 1857.

HEURES.		ALIMENTATION D'EAU.		PRESSION de la vapeur.	Combustible.	OBSERVATIONS.
		Litres.	Température.			
			degrés.	atm.	kil.	
6h	0'	60	17	4,50	140	La machine marche seule comme le 22. On a dû arrêter la machine pour remettre en bon état le régulateur qui s'était dérangé. Le même jour, vers midi, une dent du manchon d'embrayage s'est brisée et a nécessité un nouvel arrêt pendant lequel on a lâché la vapeur.
	15	60	18	4,80		
	30	60	19	4,50		
	45	»	»	4,30		
7		60	21	4,50	100	
	15	60	24	4,60		
	30	»	»	4,50		
	45	60	25	4,50		
8		120	25 25	4,50		
	15	»	»	4,30		
	30	60	27	4,40		
	45	60	28	4,50		
9		60	30	4,80		
	15	120	32 33	4,40		
	30	60	33	4,80	100	
	45	60	33	4,80		
10		60	33	»		
	15	180	34 34 34	4,80		
	30	60	»	4,90		
	45	60	34	4,70		
11		60	33	4,70		
	15	120	31	4,80		
	30	60	32	4,80		
	45	120	33 33	5,00		
12		»	»	»		
	15	60	26	»		
	30	60	30	4,40		
	45	»	»	4,50		
1		60	38	4,60		
	15	60	32	4,50		
	30	60	32	4,80		
	45	60	34	4,90	100	
2		180	34 29 29	4,90		
	15	60	29	4,80		
	30	60	29	4,70		
	45	60	28	4,90		
3		60	29	4,60		
	15	60	29	»		
	30	60	27	4,60		
	45	60	26	4,40		
4		60	27	4,40		
	15	»	»	»		
	30	»	»	4,30		
	45	60	32	4,50		
5		60	32	4,30		
	15	120	32	3,70		
	30	180	27 27 27	3,30		
11	30	3.060	29°,29 moyenne.	4,56 moyenne.	440	

Quantité d'eau vaporisée par heure. 266l,00
Quantité de houille brûlée par heure. 38k,26
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille. . 6l,95

Résumé des expériences pour le foyer ordinaire et pour le foyer Duméry.

DATES.	DURÉE des expériences.		EAU VAPORISÉE.			Pression de la vapeur.	COMBUSTIBLE.		Eau vaporisée par kil. de houille.
			Température.	Litres.	Par heure.		Kilogr.	Par heure.	
	h.	m.	degrés.		litres.	atm.		kil.	litres.
1° Foyer ordinaire.									
1857. 20 janvier.	10	30	29,57	1.680	160,000	3,87	350	33,33	4,800
21 janvier.	12		43,47	3.000	250,000	4,14	600	50,00	5,000
22 janvier.	12		38,04	2.980	248,333	4,22	550	45,833	5,410
2° Foyer Duméry.									
24 janvier.	11		25,13	1.740	158,181	4,18	225	20,254	7,733
25 janvier.	11		26,25	2.580	234,545	4,21	360	32,727	7,170
26 janvier.	11	30	29,29	3.060	266,000	4,56	440	38,260	6,950

La faible consommation d'eau faite le 25 janvier indique que la vitesse de la machine a été très-ralentie pendant cette journée, ce qui a tenu à un dérangement du régulateur, auquel on n'a remédié que le lendemain. Aussi la quantité de blé moulu, qui avait été de 6.846 kil. les 21 et 22 janvier pour vingt-quatre heures de marche, a-t-elle été réduite à 5.196 kil. les 25 et 26 janvier pour le même temps. En admettant que la machine ait toujours marché avec la même vitesse, on aurait produit le même travail utile dans les deux cas en consommant 1.150 kil. avec la grille ordinaire et 880 kil. avec celle de M. Duméry. L'économie, calculée de cette manière, est donc de 270 kil. ou de 23,47 p. 100.

Si l'on compare les quantités de houille réellement consommées aux poids d'eau vaporisée, on voit qu'avec la grille plate on a brûlé 1.150 kil. de charbon pour vaporiser 5.980 litres ou kilogrammes d'eau, tandis

qu'avec l'appareil Duméry on a brûlé 800 kil. de houille pour réduire en vapeur 5.640 kil. d'eau.

D'après la quantité de charbon consommé dans le premier cas avec la grille plate, on trouve facilement que, pour 5.640 kil. d'eau vaporisée, la consommation eût été de 1.084 kil.

La différence (1.084 — 800) ou 284 kil., soit 24,70 p. 100, représente donc l'économie obtenue par l'emploi de l'appareil Duméry.

CONCLUSIONS.

Ainsi, il résulte des expériences faites chez M. Tourneville :

1° Que l'appareil Duméry, outre l'avantage qu'il procure de brûler complétement la fumée, donne une économie de charbon de 23 à 25 p. 100;

2° Que la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de houille s'est élevée à 7 kil. avec cet appareil, tandis qu'elle n'a été que de $5^{k}.20$ en moyenne avec la grille ordinaire;

3° Enfin, les expériences faites les 20 et 24 janvier comparées entre elles, démontrent que l'emploi de cet appareil a donné des avantages beaucoup plus marqués lorsque, la machine et la roue marchant de concert, le feu n'a pas eu besoin d'être poussé activement. Cela résulte sans doute en partie de ce que, dans le cas d'un feu peu actif, les pertes de chaleur faites dans les moments où on charge la grille par le procédé ordinaire sont beaucoup plus grandes que quand la température est plus élevée dans le foyer.

NOTICE SUR LE LAC SUPÉRIEUR

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

Par M. RIVOT, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines.

INTRODUCTION.

Dans un précédent mémoire, publié en 1855 (1), j'ai fait connaître d'une manière générale la constitution géologique de la contrée du lac Supérieur; j'ai indiqué les dispositions principales des filons qui contiennent le cuivre natif, et l'état dans lequel j'avais trouvé (1854) les différentes exploitations. Un second voyage, exécuté en 1855, m'a permis d'étudier plus en détail la géologie et les exploitations de mines. J'ai pu rectifier quelques erreurs inséparables d'un premier aperçu, et me rendre compte des modifications importantes qu'un intervalle d'une année, si court dans nos contrées pour les affaires de mines, a pu apporter dans la situation industrielle du lac Supérieur.

Ces changements offrent un grand intérêt en faisant comprendre avec quelle rapidité se modifient les nouveaux établissements dans l'Amérique du Nord, en présence des difficultés immenses qui résultent et de la dureté du climat et de la distance aux contrées un peu peuplées.

Dans ce nouveau mémoire je traiterai successivement des modifications faites ou seulement projetées dans les voies de communication; de la constitution géologique;

(1) *Annales des mines*, 5e série, tome VII, page 173 et suiv.

de la situation des mines de cuivre, et enfin des mines de fer, dont l'exploitation a pris en 1853 un très-grand développement.

Il m'a été impossible de visiter les rives septentrionales du lac Supérieur, appartenant au Canada, et l'île Royale maintenant abandonnée. Je ne pourrai, par suite, m'occuper que de la rive méridionale, depuis Marquette jusqu'à la région d'Ontonagon.

CHAPITRE PREMIER.

DES VOIES DE COMMUNICATION.

Pour saisir toute l'importance de la facilité des communications pour l'avenir du lac Supérieur, il faut tenir compte de son éloignement des pays habités de l'Amérique, et du climat qui ne permet pas encore les entreprises purement agricoles.

L'activité croissante des transactions commerciales est due presque exclusivement au développement rapide des exploitations des mines de cuivre et de fer.

La valeur des exportations pour l'année 1855 a été d'environ 10 millions de francs, en cuivre natif, minerai de fer, fer en barres, et poissons.

Ce dernier article n'a pas dépassé 100.000 francs, et sa valeur, stationnaire depuis plusieurs années, est maintenant presque négligeable devant celle des métaux.

On peut estimer que les dépenses faites au lac Supérieur ont atteint la même somme de 10 millions, en salaires d'ouvriers, constructions et importations. Il est fort difficile, dans l'état actuel des choses, de connaître exactement la valeur des importations; mais on peut affirmer qu'elle est fort grande, puisque toutes les machines, les outils nécessaires aux exploitations, la

houille pour les machines à vapeur (1), le foin pour les bestiaux, les provisions et les meubles des habitants, doivent être apportés au lac Supérieur.

C'est donc au moment actuel, en 1855, pour une valeur de 15 à 16 millions de francs, et pour des distances énormes, qu'il faut considérer l'importance des voies de communication.

Il faut tenir compte, en outre, des habitudes nomades d'une grande partie de la population, et du développement que prendront toutes les entreprises dès que les communications seront faciles et les frais de transport rendus peu dispendieux.

Depuis le commencement des entreprises de mines tous les transports ont été faits par les lacs. Jusqu'à la fin de 1854 la navigation était interrompue au Saut-Sainte-Marie par les rapides, dont la hauteur forme presque seule la différence de niveau entre le lac Supérieur et le lac Huron. Navigation.

Sur les lacs inférieurs, les grands navires à vapeur et à voiles des ports de Chicago, Détroit, Cleveland, Buffalo, etc., offraient toutes les facilités désirables aux transports pendant l'été et jusqu'au Saut-Sainte-Marie; mais là commençaient les difficultés.

Après le déchargement et le transport par terre jusqu'au-dessus des rapides, il fallait de nouveau tout charger sur des bâtiments qui faisaient le service des ports du lac Supérieur.

Ces bâtiments, d'abord à voiles, ensuite à vapeur, étaient nécessairement très-petits, puisque dans l'impossibilité de les construire au Saut-Sainte-Marie, on

(1) Dans plusieurs exploitations, on trouve un certain avantage à remplacer le bois par la houille pour le chauffage des machines à vapeur.

avait dû les transporter par terre au-dessus des rapides.

Le chemin de fer côtoyant les rapides n'a pu apporter qu'une très-faible amélioration à ces conditions défavorables. Au contraire, le canal, dont la section est assez large pour laisser passer les plus grands navires, a changé considérablement la navigation, en permettant aux bateaux à vapeur des lacs inférieurs de pénétrer dans le lac Supérieur. Depuis le mois de juin 1855 le lac Supérieur peut être considéré comme ouvert à la navigation des autres lacs et même, à la rigueur, il est accessible aux navires de l'Océan.

Si les conditions économiques d'une bonne navigation le permettaient, on pourrait sur le même navire transporter les cuivres du lac Supérieur jusqu'en Europe.

Canal du Saut-Sainte-Marie.

Le canal est le perfectionnement principal, sinon le dernier, qui puisse être apporté à la voie de communication par la navigation; il est donc important de bien fixer les avantages et les inconvénients de l'état actuel et de faire mieux ressortir la nécessité de relier par un chemin de fer le lac Supérieur aux autres États de l'Union.

Le canal du Saut-Sainte-Marie a été fait par une compagnie américaine dans des conditions extrêmement favorables à l'intérêt général, et, sous ce rapport, le gouvernement des États-Unis a fait preuve d'une très-grande habileté.

La compagnie n'a reçu aucune subvention et a dû terminer à ses risques et périls tous les travaux dans un délai déterminé (1). Le canal a été livré à l'État, qui

(1) L'époque fixée pour l'ouverture du canal a été dépassée de quelques mois, et les navires n'ont pu passer qu'au mois de juin 1855.

perçoit sur les navires un droit très-minime, à peine suffisant pour couvrir les frais d'entretien et de service. Il doit être en raison inverse de l'activité de la navigation; en 1855 on a perçu 0,275 par tonne; il sera probablement moindre en 1856 et les années suivantes.

En compensation de ses dépenses, la compagnie a reçu la propriété d'une immense étendue de terrains au lac Supérieur : les uns sont situés dans la région des minerais de fer; les autres dans la partie qui renferme les filons de cuivre natif; enfin une certaine portion est seulement propre aux entreprises agricoles.

Cette dernière partie n'a de valeur que pour l'avenir, attendu que l'état actuel de la contrée ne me paraît pas devoir être favorable à des spéculations purement agricoles; le climat est trop rigoureux pour que les agriculteurs puissent espérer une rémunération suffisante des peines et des dépenses que coûteraient les défrichements. L'agriculture au lac Supérieur restera, plusieurs années encore, une dépendance très-utile des exploitations.

Les terrains que possède la Compagnie du canal dans les régions métallifères ont été choisis en dehors des parties déjà concédées. Il en résulte qu'ils sont très-morcelés et ne se prêteraient pas facilement à de grandes exploitations. Cependant plusieurs fractions paraissent se trouver dans de très-bonnes conditions, et leur mise en valeur pourra donner de très-bons résultats.

Il ne m'est pas permis d'entrer ici dans plus de détails sur la situation de ces terrains, parce qu'ils sont actuellement proposés sur les places de Paris et de Londres.

Ce qui précède suffit pour démontrer que la Compagnie du canal a travaillé probablement bien plus dans

l'intérêt général du lac Supérieur qu'à son propre avantage. Une partie de ses terrains n'a de valeur que dans un avenir peut-être assez éloigné ; une autre partie est composée de parcelles trop petites et trop éloignées les unes des autres pour qu'on puisse les mettre facilement en exploitation. Enfin la dernière partie, composée de terrains d'une étendue suffisante, donnera certainement lieu, d'ici à peu d'années, à des exploitations importantes qui contribueront à augmenter l'activité des entreprises au lac Supérieur.

La différence de niveau de l'eau aux deux extrémités du canal est de $8^m,37$; elle est franchie par deux écluses contiguës, placées vers le bas du canal et au pied des rapides. Les navires n'emploient pas plus d'une heure pour le passage des écluses et la traversée entière du canal. Les plus grands navires à vapeur l'ont constamment passé sans difficulté en 1855, à la remonte comme à la descente; l'hiver de 1855-56 n'a donné lieu à aucune réparation importante, et la navigation du canal a été ouverte au printemps de 1856, à l'époque où plusieurs navires étaient encore retenus par les glaces dans les ports des lacs inférieurs.

Aussi peut-on, dès à présent, considérer la navigation par le canal comme parfaitement assurée, facile et très-économique.

Pendant l'année 1855 l'influence du canal du Saut-Sainte-Marie sur l'activité commerciale du lac Supérieur a été relativement très-faible. Les armateurs du lac Érié, de Détroit et de Chicago attendaient que le canal eût fait ses preuves avant de construire de nouveaux navires. *Le North Star*, *l'Illinois*, *le Superior*, etc., qui naviguaient auparavant sur les lacs inférieurs, et jusqu'au Saut-Sainte-Marie, ont remplacé les petits navires qui faisaient en 1854 le service du lac Supé-

rieur. Le prix du fret a été notablement abaissé, les ouvriers ont été transportés en plus grand nombre; mais les conditions générales, exposées dans mon premier mémoire (1854), sont restées à peu près les mêmes.

En 1856, le nombre des navires de fort tonnage pénétrant dans le lac Supérieur sera notablement augmenté, et la navigation sera bien plus active, à moins que des accidents imprévus ne viennent à mettre hors de service plusieurs de ces navires.

Au lac Supérieur, des bâtiments spéciaux à voiles et à vapeur doivent faire le service des côtes. Par conséquent, dès l'année 1856,.ou au plus tard en 1857, la navigation sera aussi active que les besoins des exploitations pourront l'exiger, et le prix du transport du lac Supérieur à New-York et Boston, ne dépassera pas 55 à 60 francs par tonne.

Lana vigation devenue active et très-économique présentera toujours de graves inconvénients :

En premier lieu, elle commence au plus tôt dans les premiers jours de mai, et se termine ordinairement dans la première quinzaine de novembre. On ne doit même compter que sur cinq mois de navigation régulière, à cause des tempêtes violentes qui ont lieu au printemps, et surtout à l'automne, et auxquelles aucun navire ne peut résister.

En second lieu, le lac Supérieur ne présente qu'un très-petit nombre de ports vastes et bien abrités, dans lesquels les bâtiments puissent se réfugier. Copper-Harbor et la Pointe sont actuellement les seuls dans la région des mines de cuivre. Eagle-Harbor est très-petit et d'un accès difficile; Agate-Harbor est encore désert et n'a reçu aucune des dispositions qui seraient indispensables pour en faire un véritable port.

A Ontonagon on travaille activement à pratiquer un chenal par lequel les navires pourront entrer dans la rivière, suffisamment large et profonde devant le village d'Ontonagon.

Au Fond-du-Lac, à l'ouest, le village naissant de Superior donne déjà lieu à une navigation assez active; vers l'est, la baie de Marquette est assez bien abritée contre les vents qui soufflent d'ordinaire avec le plus de violence pour être considérée comme abordable pendant toute la saison.

Dans l'état actuel, les divers établissements sont placés dans des conditions assez différentes pour la facilité des transports et des expéditions. Ceux qui sont à la proximité de Marquette, Copper-Harbor et Eagle-Harbor peuvent compter sur près de six mois de navigation, tandis que les établissements voisins, de Eagle-River, Ontonagon, Francklin, peuvent à peine compter sur cinq mois, soit pour expédier leurs produits, soit pour faire venir tous les objets dont ils ont besoin.

En 1855, le steamer *Planet* n'a pu, dans son dernier voyage, atteindre Ontonagon, et plusieurs établissements ont été privés pour l'hiver d'une partie des provisions qu'ils attendaient. Presque constamment une partie du cuivre extrait pendant l'été et préparé pour l'embarquement, à Eagle-River et à Ontonagon, doit attendre l'année suivante pour être transporté aux fonderies.

Les compagnies doivent donc être approvisionnées de tout ce qui doit être nécessaire aux ouvriers et aux travaux, sept à huit mois d'avance, et disposer d'un fonds de roulement considérable. Les plus mal partagées sous le rapport de la situation géographique, et par suite des facilités de communication, sont précisément celles qui exploitent les filons les plus riches, Pittsburg

and Boston M. Co. (cliff mine) dont le point d'embarquement est Eagle-River; Minnesota, National et Rockland, dont le port est Ontonagon. Pour ces dernières, on espère que l'entrée de la rivière pourra être creusée de manière à permettre bientôt aux grands navires d'y pénétrer par tous les temps. A Eagle-River il semble impossible de rien faire pour la sûreté des navires.

A Marquette les exploitations de minerais de fer et les usines établies depuis peu de temps souffriront relativement plus de l'interruption des transports pendant l'hiver. La valeur des produits étant moindre, l'élévation du fonds de roulement sera probablement une charge plus lourde, au moins dans le commencement.

Chemin de fer.

Dans tous les établissements du lac Supérieur, et principalement dans ceux de Marquette, on travaille activement à la réalisation du projet d'un chemin de fer qui relierait Ontonagon, la pointe de Keweenaw et Marquette au grand réseau qui couvre les États de l'Union. Les études préliminaires ont été faites en 1855, et ont démontré qu'aucune difficulté spéciale n'était à craindre.

Les chemins de fer déjà construits dans l'ouest des États-Unis s'avancent de Chicago sur la rive occidentale du lac Michigan jusqu'à *fond du lac*, à l'extrémité sud du petit lac Winnebago.

Le projet qui paraît réunir jusqu'à présent la majorité des personnes intéressées à la prompte construction du chemin de fer, est le suivant :

La ligne principale serait continuée directement vers le nord jusqu'à la séparation des deux États, Wisconsin et Michigan ; delà on pousserait trois embranchements, l'un vers Ontonagon, un second vers Marquette et le dernier vers la côte de la pointe de Keweenaw jusqu'à

Copper-Harbor, et même plus loin, jusqu'à la mine de Keweenaw-Point.

De *Fond-du-Lac* jusqu'à la frontière du Michigan, on estime la distance à 260 kilomètres. Chacun des embranchements doit avoir 115 à 120 kilomètres. Il s'agit donc en somme d'environ 600 kilomètres de chemin fer, dans une contrée entièrement déserte, dans laquelle les terrains ne coûteront rien ou du moins presque rien (1), et dans laquelle les forêts fourniront tous les bois nécessaires.

La dépense n'en sera pas moins considérable, et le chemin de fer ne pourra être construit que si les parties les plus intéressées, c'est-à-dire les compagnies qui exploitent des mines au lac Supérieur, fournissent la majeure partie des fonds.

On s'est beaucoup occupé d'une question très-importante, celle de l'interruption possible de la circulation sur le chemin de fer pendant l'hiver.

Les glaces et les neiges seront sans aucun doute des difficultés très-grandes à surmonter, mais elles ne seront pas plus considérables que dans la plupart des États de l'Union, du nord et de l'ouest, dans lesquels les chemins de fer conservent leur activité pendant tout l'hiver. Je pense donc, avec la plupart des Américains qui ont étudié cette question, que le chemin de fer permettra les communications régulières pendant toute l'année.

Quand le chemin de fer sera terminé, les établissements industriels et commerciaux seront au lac Supérieur à peu près dans les mêmes conditions que dans

(1) Probablement même une allocation de terrain serait accordée, comme cela a déjà eu lieu en Amérique, pour des entreprises d'utilité générale.

le reste des États du Nord, et pourront se développer avec une grande activité. La navigation n'en souffrira nullement, et pourra même abaisser les prix du fret et du transport.

A cet égard on a un précédent remarquable dans l'activité de la navigation sur les lacs inférieurs, à laquelle l'établissement des chemins de fer paraît avoir donné un nouvel essor.

Par les chemins de fer la distance de New-York à Ontonagon sera d'environ 2.000 kilomètres et par suite un peu plus courte que la voie actuelle par les lacs : le prix des transports ne descendra certainement pas au-dessous de 45 francs par tonne, prix très-peu élevé pour le cuivre et même pour les fers de qualité supérieure, que peuvent produire les établissements de Marquette.

Je n'ai presque rien à modifier dans ce que j'ai dit dans mon premier mémoire sur les ressources que présente le lac Supérieur pour l'agriculture. Les pommes de terre et quelques légumes constituent la culture principale, que les différents établissements développent assez rapidement. J'ai pu voir en 1855 de très-vastes champs de seigle, mais l'été n'avait pas été suffisamment chaud, et dans les premiers jours d'octobre le seigle était encore sur pied et presque partout la maturation était incomplète. Climat.

En plusieurs points, il serait très-facile de faire de magnifiques prairies artificielles, et d'obtenir pour les bestiaux les foins qu'on fait venir actuellement de Chicago et de Détroit, à des prix exorbitants. Quelques tentatives ont déjà été faites dans ce sens, notamment auprès de Copper-Harbor, et ont parfaitement réussi.

Mais elles ont été faites sur une échelle trop petite pour influer notablement sur les prix. Les animaux

transportés au lac Supérieur sont trop peu nombreux pour servir à l'alimentation, la viande fraîche est un grand luxe en hiver, et la plus grande partie de celle qu'on peut se procurer pendant l'été est apportée par les bateaux à vapeur.

Le gibier commence à se montrer dans les forêts ; j'ai pu goûter avec plaisir des lapins et des perdrix, dont je n'avais pas vu la moindre trace en 1854. Il faut espérer que ces animaux pourront devenir plus nombreux et offrir plus tard une ressource à l'alimentation.

La température de l'hiver 1855-1856 n'a pas été très-rude ; le thermomètre est descendu rarement au-dessous de —25° C. ; la neige a été abondante et s'est maintenue dans plusieurs parties du pays à l'épaisseur de près de 2 mètres. Dès la fin d'avril la glace et la neige avaient présque entièrement disparu.

Pendant l'automne de 1855 j'ai trouvé le temps assez beau et presque chaud pendant le jour jusqu'en octobre ; mais les nuits étaient déjà très-fraîches et j'ai vu de la glace de plus de 0m,01 d'épaisseur avant le 15 septembre.

Les tempêtes et les coups de vent ont commencé dès la fin de septembre et j'ai appris que les premières avaient été fortes et nombreuses pendant tout l'hiver.

CHAPITRE II.

EXPLICATIONS GÉOLOGIQUES.

---

§ I. — *Considérations générales.*

Les terrains dans lesquels les gisements de cuivre natif sont dignes d'être exploités ont été désignés par les géologues américains sous le nom de trapps, et sont considérés par eux comme étant d'origine ignée. Dans mon premier mémoire, j'ai fait connaître quelques-uns

des doutes que l'examen des terrains m'avait fait concevoir au sujet de leur origine éruptive. Mes doutes ont été pleinement confirmés par un second voyage, et je suis maintenant bien convaincu que l'aspect singulier que présentent les couches trappéennes sont dues à une action métamorphique très-violente. Mon opinion est fondée sur l'aspect des roches et sur la disposition qu'elles présentent les unes par rapport aux autres.

Pour mieux faire comprendre mes raisons, il m'est indispensable de revenir brièvement sur la disposition géologique, exposée déjà bien en détail dans mon premier mémoire. La carte géologique du Canada, exposée par M. Logan en 1855, et l'explication qu'il en a publiée, font parfaitement comprendre la relation qui existe entre les terrains métallifères du lac Supérieur et les formations géologiques du Canada; l'intérêt que cette relation présente est assez grand pour que je consacre quelques pages à rappeler les faits principaux énoncés par M. Logan.

Ses études ont porté sur les rives septentrionale et orientale du lac Supérieur (appartenant à l'Angleterre), sur les côtes du lac Huron et du lac Ontario, et sur les terrains qui bordent le Saint-Laurent jusqu'à la mer. **Canada.**

Le système le plus ancien est désigné par M. Logan sous le nom de laurentien; il a été observé sur les bords du lac Supérieur et s'étend vers le sud-est jusqu'au lac Ontario, et ensuite sur la rive nord du Saint-Laurent jusqu'à la mer.

Il comprend une assez grande variété de roches, qui toutes possèdent le caractère métamorphique; ce sont principalement :

Des gneiss, des micaschistes, des schistes amphiboliques;

Des roches feldspathiques, à grains fins ou porphy-

roïdes, composées de labrador, d'andésine ou d'anorthite, avec hypersthène et fer titané;

Des calcaires saccharoïdes en couches minces, séparées par des strates de quartzite ou par des conglomérats à pâte dolomitique; des roches pyroxéniques associées aux calcaires et qui paraissent provenir du métamorphisme de calcaires siliceux : l'action métamorphique a été assez violente pour faire acquérir aux calcaires une fluidité presque complète;

Des granites, des syénites et des diorites, en masses très-importantes, qui semblent avoir traversé et bouleversé les terrains précédemment énoncés.

Cette formation contient d'énormes dépôts de minerais de fer, fer oligiste et fer oxydulé, qui sont presque toujours dans les schistes altérés et au contact ou dans le voisinage du granite. Les calcaires cristallins renferment une très-grande variété de minéraux : du phosphate de chaux, du mica, du fer titané, du graphite, du spath calcaire, de la baryte sulfatée, de la galène, de la blende, des minerais de cuivre et même de nickel et de cobalt, presque toujours disposés en veinules ou en veines.

En remontant l'échelle des terrains, M. Logan a pu reconnaître au-dessus du système laurentien les formations suivantes :

Système cambrien.

1° Le système cambrien ou huronien, qui forme la côte orientale du lac Huron et se retrouve aussi au lac Supérieur, reposant en stratification discordante sur les schistes du système laurentien. M. Logan le considère encore comme inférieur aux terrains fossilifères. Il est composé de schistes bleuâtres, avec des couches de silex corné; de bancs calcaires dont les fentes sont remplies par des anthracites. Ces roches sont recouvertes au lac Supérieur par des trapps, des grès et des

conglomérats, et sont traversées par des diorites et des dykes de trapp.

Au lac Huron, on trouve encore les grès et les conglomérats, une couche calcaire et de grandes masses de diorites intercalées. M. Logan distingue deux systèmes de dykes de diorite et un troisième de granite.

Il a reconnu, en outre, d'autres systèmes de fentes et les filons métalliques qui ont été produits par un bouleversement plus récent. Les filons contiennent du cuivre et de l'argent à l'état natif, des minerais de cuivre et de nickel.

2° Le terrain silurien, dont l'ensemble est très-complexe et qui est bien développé dans la partie occidentale du Canada. Les couches inférieures renfermant plusieurs espèces de fossiles reconnues en Amérique comme caractérisant la partie inférieure du système silurien. M. Logan distingue les divisions suivantes (en commençant par les couches les plus anciennes) : **Système silurien.**

a. Les grès rouges, blancs et bariolés, très-développés sur les côtes méridionales du lac Supérieur; les couches les plus élevées sont à pâte calcaire et d'une couleur presque blanche. Cette formation de grès a une puissance assez variable, mais qui ne dépasse pas 100 mètres; elle est désignée sous le nom de grès de Potsdam.

Ces grès sont surmontés par des grès très-chargés de calcaires et qui forment, pour ainsi dire, le passage entre les grès de Potsdam et le groupe calcaire qui le recouvre. Les grès calcifères ont une puissance inférieure à 80 mètres et ne contiennent pas de fossiles.

b. Le groupe calcaire de Chazy, Birdseye, Black-River, Trenton, qui a son principal développement du côté de Montréal; là sa puissance atteint 400 mètres,

et on peut distinguer assez nettement les quatre divisions auxquelles on a donné des noms différents. Vers l'ouest, le groupe calcaire est moins développé et les divisions sont moins distinctes. Dans toute son étendue il présente des fossiles caractéristiques et des coprolithes, qui permettent jusqu'à un certain point de reconnaître les divisions.

c. Le groupe schisteux ; à la base sont les schistes noirs d'Utica, dont la puissance ne dépasse pas 30 mètres. Ils sont surmontés par des schistes gris et bleuâtres, alternant avec des couches minces de grès et de calcaires. L'épaisseur de cette formation va en diminuant vers l'ouest. Elle n'est plus que de 60 mètres sur les bords du lac Huron, tandis qu'elle atteint 500 mètres dans le Bas-Canada.

d. Le terrain silurien supérieur, dont la base est formée par les grès rouges de Médina, argileux vers les couches les plus élevées. Au-dessus sont des schistes et des calcaires, dont l'ensemble porte le nom de *groupe de Clinton*.

e. Les calcaires bitumineux du Niagara, qui leur sont superposés, ont une puissance de 70 mètres environ et contiennent un très-grand nombre de minéraux, tels que la blende et la galène disséminées en mouches, la baryte sulfatée et l'anhydrite, qui se présentent sous forme de nids et qui servent à faire les petits objets taillés au couteau qu'on vend fort cher aux chutes du Niagara.

f. Au-dessus on distingue comme appartenant encore au système silurien supérieur : des schistes et des calcaires renfermant du gypse, le groupe salifère d'Onondaga et les calcaires à Pentamerus qui terminent la formation silurienne.

Terrain dévonien. Le terrain dévonien commence encore par des grès,

auxquels succèdent des calcaires, et dont l'ensemble a reçu le nom de série supérieure de Helderberg.

Au-dessus des calcaires, on trouve des schistes noirs et gris désignés sous le nom de *groupe d'Hamilton*, puis des grès rouges qui répondent au vieux grès rouge des Anglais, et enfin des schistes.

Terrain houiller.

Au terrain dévonien est superposée la formation houillère, bien plus développée dans la presqu'île de Michigan et dans les États de l'Union qu'au Canada.

Carte de M. Logan.

La carte géologique du Canada, par M. Logan, comprend une partie des contrées voisines, notamment la presqu'île de Michigan et les côtes méridionales du lac Supérieur. Elle permet de reconnaître d'un seul coup d'œil la disposition très-remarquable des différents terrains en bassins concentriques, dont la régularité n'est interrompue que par les deux lacs Huron et Michigan.

En étudiant cette carte avec attention, on peut aussi se convaincre que la formation trappéenne du lac Supérieur s'étend sur une immense étendue, depuis les régions encore inexplorées à l'ouest du lac Supérieur jusque dans les parties orientales du Canada. Elle conserve partout la même position au contact des micaschistes, des gneiss ou des granites, la même relation avec les terrains évidemment stratifiés.

Le terrain houiller forme au centre de la presqu'île de Michigan un bassin presque circulaire qui avance jusqu'aux bords de la baie de Saginaw.

Il renferme de la houille que l'on commence à exploiter et même à transporter à quelque distance, dans les nouveaux établissements; le charbon est de qualité médiocre, mais on n'a encore attaqué que les affleurements, et l'on doit attendre un plus grand développement dans les travaux avant de juger la qualité.

Tout autour du bassin houiller affleurent : le calcaire

carbonifère, et au delà le terrain dévonien, en stratification concordante, au moins dans les parties explorées jusqu'à présent; le groupe d'Helderberg ne peut se voir qu'au nord et au sud; il disparaît à l'est et à l'ouest sous les eaux du lac Huron et du lac Michigan; on le retrouve au nord du lac Ontario.

Le terrain silurien entoure également la formation dévonienne, à l'ouest, au nord et à l'est; de ce côté il s'avance vers l'est, au nord du lac Ontario et du Saint-Laurent. Il est représenté par le gypse d'Onondaga, par le calcaire du Niagara et par les grès.

Cette série de bassins emboîtés les uns dans les autres se continue au nord et à l'ouest, probablement même à l'est par le terrain silurien inférieur et par les trapps. Sur la rive méridionale du lac Supérieur, il est bouleversé, et moulé, pour ainsi dire, sur le granite, qui s'étend depuis Marquette jusque dans l'État de Wisconsin. Au contact immédiat, et je devrais dire apparent, avec le granite, se trouvent les roches évidemment métamorphiques, les micaschistes, les schistes amphiboliques très-analogues aux trapps, les quartzites et les jaspes. A une certaine distance et au-dessus sont les trapps, les conglomérats et les grès, dont la disposition stratifiée est bien évidente.

Au lac Supérieur, au moins sur la rive américaine, il n'est pas possible de séparer les trapps des autres roches siluriennes, car ils s'étendent en couches nettement stratifiées, aussi loin que les explorations ont été faites, contournant le terrain dévonien, auquel ils sont évidemment inférieurs. Dans le Canada, sur la rive nord du Saint-Laurent, ils occupent la même position, et on les retrouve, d'après les explorations du célèbre docteur Kane, sur la côte occidentale du Groënland. Ils sont tellement liés avec les roches métamorphiques rap-

portées par M. Logan au terrain cambrien, qu'il n'est pas possible d'en faire la séparation. Ils apparaissent comme le dernier terme de l'action métamorphique, manifeste au contact du granite, et dont peut-être le granite lui-même n'est que l'expression la plus développée.

L'observation faite par M. Logan de la superposition du terrain de schistes et trapps en stratification discordante sur le système cambrien, me paraît pouvoir être expliquée par les bouleversements dus au voisinage du granite. La discussion m'est interdite sur ce point, puisque je n'ai pas parcouru les contrées dans lesquelles M. Logan a fait ses explorations.

La partie américaine du lac Supérieur paraît, du reste, différer notablement des possessions anglaises; M. Logan *signale* au Canada des dykes de trapp et de diorite, dont il m'a été impossible de découvrir l'existence à la pointe de Keweenaw, auprès du Portage lake et dans l'Ontonagon.

Dans le second voyage que je viens de faire au lac Supérieur, je n'ai dû m'arrêter que très peu d'instants dans la région des minerais de fer; j'ai pu seulement constater la nature des terrains métamorphiques, et reconnaître la présence du trapp passant aux schistes métamorphiques bien caractérisés. J'ai, au contraire, consacré un temps suffisant à l'étude de la région cuprifère; j'ai parcouru à pied toute la pointe de Keweenaw, en la traversant dans tous les sens; j'ai visité les environs du Portage lake, et presque toutes les mines exploitées dans l'Ontonagon. **Description géologique du lac Supérieur.**

Je pense donc être en mesure, avec les études faites pour mon premier voyage, d'émettre une opinion motivée sur la constitution géologique de cette partie du lac Supérieur. Pour les détails que je vais donner sur la

géologie et sur les mines, je dois renvoyer aux cartes jointes à mon premier mémoire.

J'ai déjà fait connaître la disposition des roches différentes; aussi je n'aurai besoin que d'un rapide abrégé pour les rappeler. Les roches principales rencontrées jusqu'ici au lac Supérieur sous les alluvions sont :

Les grès blancs, bariolés et rouges;

Les conglomérats;

Les trapps;

Les roches évidemment métamorphiques, et le granite.

§ II. — *Disposition des grès.*

Les grès se présentent sur la rive méridionale du lac Supérieur en trois bandes séparées, dirigées de l'est à l'ouest, ou du nord-est au sud-ouest.

La première s'étend depuis le Saut-Sainte-Marie jusque bien loin vers l'ouest dans l'État de Wisconsin;

La seconde est comprise entre le massif granitique et les trapps de la Pointe de Keweenaw;

La troisième est superposée aux conglomérats, et forme le rivage du lac, au nord de la formation trappéenne.

Partout les grès offrent les mêmes caractères et la même disposition en couches peu puissantes; vers la partie supérieure de la formation ils sont blancs et à pâte calcaire; ils sont bariolés, blancs et rouges, dans la partie moyenne, et rouges plus ou moins violacés vers la partie inférieure.

Première bande de grès.

La première bande de grès n'a été que partiellement explorée; elle ne renferme aucun métal exploitable.

La partie la mieux connue est celle voisine du rivage depuis Saut-Sainte-Marie jusqu'à Marquette. A *Grand-Island* et aux *Pictured-Rocks*, les grès se présentent en

falaises élevées, découpées par des dentelures pittoresques, sur lesquelles les couches se marquent en lignes presque horizontales. A l'est, ils sont recouverts par les alluvions; à l'ouest, ils viennent s'appuyer sur le massif des roches granitiques et métamorphiques.

Les couches plongent dans leur ensemble vers le sud, et s'enfoncent sous les terrains plus modernes. A l'ouest de Marquette, la relation du grès avec le granite est encore un peu incertaine; auprès du rivage, on distingue parfaitement les grès brisés et disloqués au contact du granite et des micaschistes; le même bouleversement a été constaté dans l'intérieur par plusieurs habitants du pays; mais je n'ai pas eu l'occasion d'explorer moi-même la ligne de contact du grès avec le massif métamorphique : ce n'est donc qu'avec une certaine réserve que je peux énoncer que les grès sont brisés et bouleversés au contact du granite et des roches subordonnées.

Les relations du grès avec le massif granitique seront parfaitement déterminées par les travaux du chemin de fer projeté.

Du reste, il est difficile de ne pas admettre l'identité des grès dans les trois bandes indiquées précédemment, et alors il est évident que les granites avec les roches métamorphiques n'ont pu arriver au jour qu'en brisant les grès; par suite, la ligne de contact de ces roches différentes doit présenter de grands bouleversements.

Seconde bande de grès.

La seconde bande de grès s'étend depuis le rivage de la Pointe de Keweenaw jusqu'à la Black-River, à une certaine distance à l'ouest du lac Agogebic, dans la direction du nord-est au sud-ouest. Les couches sont presque horizontales, ou du moins ne présentent que de faibles ondulations dans toute la partie médiane;

vers le sud, au contact de granite on n'a pas nettement constaté si les couches plongent vers le nord et sont réellement soulevées sur toute l'étendue de la ligne de séparation.

Les dislocations du grès au contact du granite, bien nettes auprès du rivage, suffisent pour démontrer que le grès ne s'est pas déposé tranquillement sur le granite; elles viennent corroborer l'opinion que j'ai émise précédemment que le massif granitique s'est fait jour au travers des grès; la direction générale de la fracture est du nord-est au sud-ouest, autant du moins que les explorations incomplètes, faites jusqu'à présent, permettent de le présumer.

Vers le nord, au contact des trapps, les couches de grès présentent des dispositions très-diverses : la ligne de démarcation des deux roches est presqu'au niveau du *lac la Belle*, à l'est, tandis qu'à l'ouest, du côté de la mine Fulton, au lac Portage et dans la contrée d'Ontonagon on les voit presque partout sur les plateaux élevés.

Auprès du lac la Belle, et dans tous les points où les grès s'élèvent très-peu au-dessus du lac, leurs couches plongent vers le sud sous un angle assez grand; mais la partie ainsi inclinée ne s'étend qu'à une faible distance des trapps; elle offre des dislocations très-grandes qui démontrent la violence de l'action qui a fait sortir la masse trappéenne à travers les grès.

Au contraire, dans les parties de la contrée où les grès s'élèvent jusqu'aux sommets des montagnes, l'inclinaison des couches vers le sud se continue sur une grande distance, et les grès sont beaucoup moins brisés.

A l'ouest, le grès se termine en pointe à la réunion du massif métamorphique avec les trapps : cette partie

présente un très-grand intérêt, non-seulement par l'étude des dislocations que les grès ont dû subir, mais encore et principalement par le contact des trapps avec les roches évidemment métamorphiques. C'est là qu'on pourra le plus sûrement distinguer la relation qui existe entre ces roches. Je dirai bientôt qu'on a trouvé l'année dernière, à une certaine distance de Marquette, des roches trappéennes analogues à celles de la Pointe de Keweenaw, contenant comme elles du cuivre natif en filons, passant aux schistes évidemment métamorphiques.

Il est donc probable qu'on pourra constater à l'ouest de la Black-River le passage gradué des roches trappéennes aux schistes.

Alors se trouvera nettement démontrée l'exactitude de l'opinion, que j'ai émise dès mon premier voyage, que les trapps de la Pointe de Keweenaw ne sont pas éruptifs, mais bien des roches métamorphiques.

Jusqu'à présent cette partie de la contrée n'a pu être convenablement étudiée, en raison de la distance aux établissements.

Troisième bande de grès.

La dernière bande de grès s'étend avec une puissance variable sur le rivage du lac, depuis Eagle-River jusqu'à Fond-du-Lac; elle est en grande partie recouverte par des alluvions qui ne permettent de reconnaître la disposition des couches qu'en un petit nombre de points. On a constaté que les grès sont d'un rouge violacé au contact des conglomérats, avec lesquels ils présentent plusieurs alternances : à une certaine distance des conglomérats les grès sont bariolés comme à Grand-Island et aux *Pictured-Rocks;* la partie supérieure de la formation présente les grès presque blancs et à pâte calcaire; on ne peut donc pas mettre en doute un seul instant l'identité des grès de cette zone avec ceux ob-

servés plus au sud, identité extrêmement importante à signaler.

Les couches de grès reposent partout en stratification concordante sur les conglomérats ; elles plongent vers le nord-ouest sous un angle un peu variable, plus grand dans la contrée d'Ontonagon qu'à la Pointe de Keweenaw. L'angle d'inclinaison est d'autant moindre qu'on l'observe à une plus grande distance de la formation trappéenne : vers le nord, à l'île Royale, les grès reparaissent dans une position symétrique, plongeant vers le sud-est, et reposant de même en stratification concordante sur les conglomérats, et ceux-ci sur les trapps. On peut conclure de là, avec certitude, que les grès, les conglomérats et les trapps forment sous les eaux du lac un fond de bateau d'une très-grande étendue.

Fracture dans les grès.

L'identité des grès dans les trois bandes dont je viens de parler, les dispositions des couches au contact du massif granitique et métamorphique, au contact des roches trappéennes et des conglomérats, me paraissent ne pouvoir être expliquées que par l'hypothèse de deux grandes fractures à peu près parallèles et dirigées, au moins sur une partie de leur étendue, du nord-est au sud-ouest.

Par la fracture faite la plus au sud, sont venus au jour les granites, et les roches évidemment métamorphiques dans lesquelles on exploite maintenant les minerais de fer aux environs de Marquette. La seconde a livré passage aux roches trappéennes et aux conglomérats, qui s'étendent de la Pointe de Keweenaw jusque bien loin vers le sud-ouest.

Pour cette dernière, j'aurai à revenir bientôt sur la grande différence que présentent les grès au nord et au sud : au nord, ils semblent soulevés très-régulièrement,

et en même temps que les conglomérats et les trapps ; tandis que vers le sud la séparation du grès et des trapps présente de grandes irrégularités.

§ 114 — *Des conglomérats et des trapps.*

Les conglomérats et principalement les trapps sont bien mieux explorés que les grès. Les nombreuses recherches de cuivre natif ont été faites dès le principe dans ces deux terrains, et les résultats obtenus, nuls ou négatifs pour la plupart des compagnies qui ont entrepris les travaux, ont au moins eu l'avantage de faire connaître assez exactement la disposition des deux terrains. On a reconnu bien vite que les conglomérats ne renfermaient pas de gisements exploitables, et les explorations ont été principalement faites dans le trapp. Je pense qu'il est maintenant bien démontré que les filons contenant du cuivre natif traversent les conglomérats et les grès, et peuvent contenir, dans ces deux roches, une certaine proportion de métal ; mais que le trapp est le terrain métallifère par excellence, la roche dans laquelle on peut espérer rencontrer des filons productifs.

Par ce motif, je me suis attaché plus spécialement, dans mon second voyage, à l'étude du terrain de trapp ; j'ai parcouru presque toute la contrée, et visité les mines et les affleurements connus; je pense être en mesure de donner une opinion motivée sur la nature véritable de ces terrains qui ont été décrits comme éruptifs, et que je considère comme des terrains stratifiés métamorphiques.

Dans mon premier mémoire, j'ai donné la description déjà bien détaillée des trapps dans les trois régions différentes, dans lesquelles les mines sont exploitées ; il me reste maintenant à rappeler la disposition géné-

rale et à présenter plus nettement les raisons qui me font admettre que les trapps ne sont pas éruptifs.

Je conserverai la même division en trois régions : la Pointe de Keweenaw, les environs du lac Portage, le comté d'Ontonagon.

Les conglomérats et les trapps forment une bande continue, variable en largeur, qui s'étend sans interruption depuis l'extrémité orientale de la pointe de Keweenaw jusque dans l'État de Wisconsin, à une distance considérable vers l'ouest. On les retrouve avec des caractères analogues, sinon identiques, à l'île Royale, sur la côte septentrionale du Canada, et même, d'après les indications du Dr Kane jusqu'au Groenland.

A la pointe de Keweenaw, ils se présentent en bancs puissants dont la stratification est bien évidente, et la direction des couches est à peu près parallèle en chaque point à la ligne du rivage. La plus grande divergence qu'on ait constatée à cet égard, à l'extrémité orientale de la Pointe, ne dépasse pas 15 degrés, et s'explique facilement par les failles transversales extrêmement nombreuses qui ont produit des rejets considérables.

Les lignes de pente des bancs sont à peu près normales au rivage, c'est-à-dire que ces bancs plongent vers le nord-ouest; l'angle d'inclinaison est peu variable et s'écarte peu de 30 degrés.

La surface du sol présente trois chaînes de montagnes à peu près parallèles et presque régulières. La plus élevée est celle du sud, connue sous le nom de *Bohemian-Mountains;* elle est composée de trapp syénitique, dont la stratification n'est pas très-évidente, ce qui lui a valu le nom de *unbedded trapp*. On distingue cependant très-bien les couches et leur plongée vers le nord-ouest dans les travaux faits, il y a plusieurs années,

par la compagnie du *lac la Belle*. Vers l'est, le trapp syénitique est remplacé par des jaspes qui constituent plusieurs montagnes élevées, notamment le mont Houghton. Vers l'ouest, la syénite disparaît sous les grès du sud dont les couches plongent en sens contraire, c'est-à-dire vers le sud-est.

Vers le milieu de la formation trappéenne, la variété de trapp nommée greenstone forme une chaîne de montagnes ou de plateaux élevés, terminés au sud par des escarpements plus ou moins prononcés et présentant, comme toutes les autres variétés de trapp, une division bien nette en bancs parallèles plongeant vers le nord-ouest.

Au nord, les conglomérats forment à une faible distance du rivage des montagnes moins régulières, plus tourmentées que celles du greenstone, mais en général plus élevées. Les conglomérats recouvrent les trapps en bancs rigoureusement parallèles et présentent avec eux de nombreuses alternances vers la séparation des deux roches. Les conglomérats sont recouverts en stratification concordante par les grès, dont les couches inférieures offrent encore des alternances remarquables avec les bancs supérieurs des conglomérats.

Dans l'extrémité orientale de la pointe de Keweenaw, dans les environs de Agate-Harbor et Copper-Harbor, on connaît une seconde bande de trapp, beaucoup moins puissante et composée principalement de la variété amygdaloïde : elle est surmontée par le conglomérat, qui s'enfonce sous les eaux du lac.

Cette bande amygdaloïde ne peut être distinguée à l'ouest d'Eagle-River; elle est représentée, d'après M. Whitney, par des couches de jaspe et de grès feldspathique. Je pense que, pour le moment actuel, il est prudent de réserver la question, parce que cette partie

de la Pointe est couverte d'une épaisseur considérable d'alluvions qui empêchent de suivre nettement la continuité des roches; de plus, il n'y a dans cette partie aucune exploitation, par suite aucun établissement, et les excursions géologiques ont été nécessairement assez courtes.

Dans la baie d'Agate, les couches supérieures de l'amygdaloïde sont en contact avec des bancs de grès et présentent en plusieurs points un passage très-curieux de l'amygdaloïde au grès.

Les bancs d'amygdaloïde offrent de très-grandes variétés; les uns ont les noyaux bien pleins, de grosseurs très-variables et composés principalement de chlorite; les autres, et principalement ceux qui présentent le passage aux grès, sont criblés de cavités, vides ou remplies par du quartz agate. On trouve dans ces roches des veinules et des noyaux d'agate de toute couleur : les uns sont presque compactes et d'une couleur à peu près blanche; d'autres sont zonés et diversement colorés. Jusqu'à présent on n'a pas exploré ces gisements d'agate, qui offrent de grandes ressemblances avec ceux d'Oberstein. On a retiré quelques échantillons d'agate, soit des affleurements des bancs d'amygdaloïde, soit des galets que l'action des vagues accumule sur la plage. Ils sont tous assez petits, mais la beauté des couleurs et des zones de quelques-uns d'entre eux pourrait faire concevoir l'espérance d'une exploitation importante dans un avenir plus ou moins rapproché (1).

La disposition des montagnes de trapps et de conglo-

(1) Au lac Supérieur, on attache une valeur exagérée aux moindres galets d'agate présentant de belles couleurs et des zones régulières.

mérats est très-remarquable et doit attirer l'attention de tous les géologues qui visiteront ces contrées.

Les conglomérats qui séparent les deux bandes de trapps s'élèvent en montagnes assez régulières à une faible distance du rivage; leur pente vers le lac est à très-peu près égale à l'inclinaison des couches, de 25 à 30 degrés vers le nord-ouest; dans le sens de la direction, elles sont interrompues par de larges vallées, qui répondent à des failles transversales qui coupent tous les terrains.

Ces failles sont marquées sur le rivage par de profondes dentelures, par des baies plus ou moins vastes : Copper-Harbor, Agate-Harbor, Eagle-Harbor, etc., qui sont les seuls ports de toute la côte. C'est à tort qu'on les a considérées comme produites par l'action destructive des vagues; on peut suivre à une grande distance dans l'intérieur les failles qui leur ont donné naissance.

Du côté du sud, les montagnes de conglomérats ont des pentes très-rapides, et les bancs paraissent avoir été cassés presque à angle droit. La même disposition peut être constatée pour tous les bancs de trapp : ils présentent au nord des pentes de 30 à 35 degrés, tandis que vers le sud le pendage est d'environ 60 degrés, à peu près normal à tous les bancs.

Auprès de Copper-Harbor et de Agate-Harbor, dans les parties où les conglomérats sont les plus développés, on distingue plusieurs de ces montagnes nettement disposées en gradins; leur observation conduit à penser que la puissance réelle de la formation de conglomérats est moindre que celle indiquée par l'étendue horizontale occupée par ces roches.

Il doit exister plusieurs failles longitudinales, à peu près perpendiculaires aux bancs de conglomérats; pour

chacune d'elles, la partie nord est élevée ou la partie sud abaissée. Les traces des glissements correspondants à ces failles n'ont pas encore été bien observées, mais il est probable, ou du moins on peut admettre, qu'en raison de la faible dureté de la roche, l'action de l'atmosphère les aura fait lentement disparaître. Cette hypothèse est d'autant plus raisonnable que les monticules de trapps présentent à peu près la même disposition, et qu'en plusieurs points on a constaté sur les pentes exposées au sud-est des stries presque verticales indiquant un frottement très-violent.

L'étude de ces failles longitudinales est un champ très-vaste ouvert aux explorations futures des géologues du lac Supérieur; la disposition de la bande amygdaloïde, par rapport aux conglomérats qui paraissent inférieurs, est encore fort obscure : il ne serait pas impossible que la zone amygdaloïde du sud ne fût autre chose que la partie supérieure de la grande formation trappéenne, élevée successivement jusqu'au jour par une ou plusieurs failles, dont l'existence n'a pas encore été constatée.

Des trapps. La disposition générale des deux zones métallifères composées presque exclusivement de trapps, a été suffisamment exposée dans mon premier mémoire : on distingue plusieurs variétés, grenue, compacte, cristalline, amygdaloïde, toutes en bancs assez réguliers, parallèles à ceux des conglomérats et séparés fréquemment par des couches minces de grès violacés ou de conglomérats.

Le greenstone est une roche à cassure cristalline qui paraît contenir avec le feldspath et l'amphibole une notable proportion de pyroxène; elle forme des plateaux élevés, presque continus, interrompus seule-

ment par les failles transversales, qui coupent toute la pointe de Keweenaw.

Le greenstone est, comme toutes les autres variétés de trapp, divisé en bancs puissants plongeant au nord-ouest sous l'angle de 30 à 32 degrés; au nord, la séparation du greenstone et du trapp compacte n'est pas plus prononcée que celle des deux autres variétés du trapp. Au sud, le greenstone est séparé de la zone métallifère, qui commence encore par du trapp compacte, par une couche de conglomérats (1); mais les bancs inférieurs sont nettement parallèles à ceux du greenstone et la continuité des terrains n'est pas interrompue. On n'a même signalé de failles longitudinales qu'à une certaine distance au sud des escarpements du greenstone. D'après cela on doit considérer cette roche comme une variété spéciale du trapp; elle présente une dureté plus grande et s'est, pour cette seule raison, comportée un peu différemment dans le soulèvement général et pendant tous les bouleversements qui ont produit les fentes, les failles et les filons.

Les deux zones métallifères, au nord et au sud du greenstone, répondent à deux vallées allongées presque parallèlement au rivage, limitées par les trois chaînes de montagnes et de plateaux dont j'ai parlé précédemment.

Leur surface est ondulée et presque nivelée par les alluvions et la terre végétale. La roche trappéenne n'apparaît que de distance en distance, mais elle est maintenant suffisamment explorée par les travaux faits

---

(1) Le banc de conglomérat sur lequel repose le greenstone a une épaisseur un peu variable, et qui augmente vers l'est. Elle est de $0^{m}.60$ à la mine de Cliff, et dépasse 3 mètres auprès de la mine de Keweenaw-Point, à l'est de Copper-Harbor.

dans les mines. La surface du trapp présente une série d'ondulations dont la pente est d'environ 30° vers le nord-ouest et de 60 à 65° vers le sud-est; elles sont en général peu étendues en direction et correspondent à des séries presque régulièrement alignées de monticules dont les pentes les plus abruptes, celles exposées au sud-ouest, offrent très-fréquemment des stries verticales.

Cette disposition conduit à l'hypothèse de nombreuses failles longitudinales peu étendues (1), imparfaitement connues et dont la continuité sera peut-être démontrée par des études ultérieures.

Dans la partie orientale de la pointe de Keweenaw, les alluvions sont presque partout cachées par la terre végétale, et les premières explorations, antérieures aux travaux dans les mines, avaient fait admettre que les alluvions n'étaient que peu développées. C'est seulement l'année dernière que la véritable disposition du terrain a été bien reconnue. Plusieurs puits de recherches foncés aux environs de Agate-Harbor, dans la zone métallifère du nord, ont dû traverser 5 à 6 mètres d'alluvions avant d'atteindre la roche trappéenne; la surface du trapp présente des monticules successifs, et tous les creux sont remplis par les alluvions, en sorte que les sommets seuls apparaissent au jour.

Dans la zone du sud, les explorations n'ont été faites qu'auprès du greenstone, dans les mines de Keweenaw-Point, Star, Manitou, North-West, North-Western, Central, Cliff, North-American, etc. Par suite cette

(1) D'après les renseignements qui m'ont été fournis sur l'île Royale, les trapps présentent la même disposition et sont coupés par de nombreuses failles longitudinales plongeant vers le nord-ouest.

zone est assez bien connue sur une largeur de quelques centaines de mètres au sud du greenstone; dans cette partie, le trapp présente bien la même disposition que vers le nord. Plus au sud, on a fait des excursions nombreuses, mais très-peu de travaux, et la disposition des bancs de trapp n'est qu'imparfaitement connue.

La surface présente la même allure générale; des ondulations à peu près alignées dont tous les creux sont remplis par des alluvions. Les pentes vers le nord paraissent plus rapides à mesure qu'on avance vers le sud, et les pentes exposées au sud sont évidemment produites par des cassures perpendiculaires aux séparations des bancs. Jusqu'à une certaine distance du greenstone, on distingue encore les diverses variétés de la zone métallifère du nord, les trapps compactes, grenus, cristallins, amygdaloïdes; plus au sud, on ne voit plus que du trapp compacte, très-dur, d'une couleur très-foncée. Autant qu'on peut en juger par les sommets des collines de trapp, la roche est toujours divisée en bancs plongeant vers le nord-est, séparés de distance en distance par des couches de grès et de conglomérats.

En approchant des Bohemian-Mountains, composées de trapp syénitique, on observe des montagnes plus élevées, des vallées longitudinales plus profondes, et enfin on s'élève au plateau syénitique dans lequel la division en strates est plus difficile à reconnaître.

Les caractères généraux de tous ces terrains de trapps et de conglomérats sont : le parallélisme à peu près absolu de tous les bancs; leur inclinaison vers le nord-ouest; leur disposition en monticules alignés; la forte inclinaison de toutes les pentes exposées au sud-est, qui leur donne l'aspect de cassures perpendi-

culaires aux bancs; les failles longitudinales qui répondent à ces cassures sont marquées par des stries verticales, évidentes encore sur les trapps; les stries ont disparu par l'action des agents atmosphériques à la surface des conglomérats.

De l'ensemble de ces faits, il me paraît résulter que la pointe de Keweenaw présente à découvert les tranches successives des bancs de trapps, de conglomérats et de grès, brisés et soulevés par une action qui s'est fait sentir dans la direction des Bohemian-Mountains.

L'analogie d'un certain nombre de roches observées aux environs de Marquette, la présence du jaspe au mont Houghton me portent à voir dans le *granite* la raison de la fracture et du soulèvement. La principale différence entre les deux localités est que le granite s'est élevé jusqu'au jour en traversant les terrains du côté de Marquette, tandis qu'à la pointe de Keweenaw il a brisé et soulevé, mais non pas traversé les trapps, les conglomérats et les grès.

Coupe géologique.

Pour rendre plus nette la description des terrains à la pointe de Keweenaw, je vais exposer la coupe géologique (Pl. IX, *fig.* 5) que j'ai relevée, en octobre 1855, de la baie de Agate-Harbor au lac la Belle.

Auprès de Agate-Harbor, le rivage est formé par les conglomérats, auxquels succède bientôt la première bande amygdaloïde. Ces deux roches s'élèvent à 40 mètres environ au-dessus du niveau du lac et n'occupent pas une étendue horizontale supérieure à 500 mètres. En avançant plus au sud, on remarque une dépression sensible à la séparation de l'amygdaloïde et de la grande zone de conglomérat.

Cette dépression répond très-probablement à une faille longitudinale et se trouve maintenant occupée par un petit lac, jadis formé par les castors (le lac Upson),

dont l'eau est à peu près à 32 mètres au-dessus du lac Supérieur.

Au sud du lac Upson, les conglomérats et les grès peuvent être observés sur une distance horizontale d'environ 1.600 mètres. La surface du sol s'élève par gradins successifs jusqu'à la hauteur de 160 mètres vers la limite des conglomérats. On distingue très-bien en plusieurs points les couches de grès violacés, interstratifiés avec les bancs de conglomérats et plongeant au nord-ouest avec une parfaite régularité.

La limite des conglomérats répond à une vallée presque parallèle au rivage, très-profonde en plusieurs points, presque insensible dans d'autres.

Au pied de la chaîne des montagnes de conglomérats, les alternances de trapps, de grès et de conglomérats occupent une étendue de plusieurs mètres, et par suite bien moindre que celle constatée plus à l'ouest par les travaux faits dans la mine de Copperfalls. On avance ensuite sur le trapp de la grande zone métallifère du nord pendant 1.600 à 1.700 mètres. La surface du sol est ondulée et généralement moins élevée que les sommets des montagnes de conglomérats.

Plusieurs petits lacs se trouvent dans les dépressions, et les alluvions recouvrent en grande partie les trapps. Les hauteurs au-dessus du lac Supérieur varient de 110 à 130 mètres jusque dans le voisinage du greenstone. La zone du nord est ici représentée par une large vallée très-ondulée, d'environ 1.600 mètres, comprise entre les deux chemins de montagnes, de conglomérat et de greenstone.

Les derniers bancs de trapp compacte s'élèvent assez brusquement jusqu'à 150 et 160 mètres jusqu'aux plateaux du greenstone, dont les points culminants ne dépassent pas la hauteur de 180 mètres. L'escarpe-

culaires aux bancs; les ... le sud n'est pas très-
pondent à ces cassur... ment tourmenté. Quand
verticales, évidentes ... ant une certaine distance,
ont disparu par l'a... transversales nombreuses et
surface des cong... ont produit de faibles dérange-

De l'ensemb... en direction; les autres, au con-
la pointe de ... des vallées assez larges, dont les
ches succes... ent dans l'alignement des différences
et de grès ... res.

fait sent... greenstone, la surface du terrain est on-

L'ar... dans la zone du nord; les alluvions et la
aux ... ale recouvrent presque partout le trapp; on
mo... ndant reconnaître assez facilement la disposi-
r... bancs plongeant au nord, et présentant vers le
... des cassures assez nettes avec des traces de glisse-
... Le ruisseau nommé le *Little-Montreal-River*,
...le à peu près au milieu de la zone métallifère du
...d, dont il marque la plus forte dépression; sa dis-
...ance au greenstone est d'environ 1.700 mètres; sa
hauteur au-dessus du lac Supérieur ne dépasse pas 110 mètres. Au nord de ce torrent, on peut distinguer les différentes variétés de trapp; mais au sud et jusqu'aux montagnes syénitiques, on ne voit plus que du trapp compacte, très-dur, fréquemment d'une couleur violacée. La surface du sol est d'abord assez unie; elle présente ensuite des ondulations de plus en plus marquées à mesure qu'on approche des Bohemian-Mountains.

La disposition en bancs plus ou moins réguliers plongeant vers le nord, la présence du conglomérat et du grès en couches minces, peuvent être encore assez nettement constatées, bien que l'on n'ait fait de ce côté aucun travail d'exploration.

L'angle d'inclinaison vers le nord des bancs de trapps paraît augmenter à mesure qu'on avance vers le sud,

ntes de chaque montagne sont à peu près
les exposées au sud paraissent toujours
cassures à peu près normales aux différents

ant d'arriver aux Bohemian-Mountains, on doit traser trois chaînes irrégulières formées de trapp compacte, à peu près parallèles à la grande chaîne du sud.

J'ai marqué sur la coupe les deux couches de conglomérat, dont j'ai pu déterminer la position avec quelque exactitude. Il en existe probablement plusieurs autres, car on voit en plusieurs endroits des fragments épars de grès et de conglomérat; mais la terre végétale et les alluvions empêchent de distinguer leur véritable position.

La distance du greenstone au trapp syénitique, c'est-à-dire la largeur de la vallée répond à la zone métallifère du sud, est d'environ 3.700 mètres.

Les *Bohemian-Mountains* qui limitent vers le sud la formation trappéenne, présentent un plateau peu étendu terminé par un escarpement, dont la hauteur au-dessus du *lac la Belle* atteint 200 mètres en plusieurs points. On distingue aisément, dans le trapp syénitique qui compose ces montagnes, les cristaux de feldspath et d'amphibole verte, mélangés par place avec de la chlorite. La couleur de la roche dans les cassures fraîches est principalement verte; à la surface, au contraire, la roche, altérée par les agents atmosphériques sur une très-faible épaisseur, présente une couleur rosée.

La division en bancs plus ou moins réguliers n'est évidente que dans les travaux de l'ancienne compagnie du lac la Belle. Ces bancs sont inclinés vers le nord-ouest sous un angle de 65 à 70°.

L'escarpement que ces montagnes présentent vers le

sud a une inclinaison de 25 à 30°, et paraît encore répondre à une faille considérable, à peu près normale aux bancs du trapp syénitique.

Dans l'ancienne galerie d'écoulement de la mine, dont l'orifice est à une faible hauteur au-dessus du lac la Belle, on a traversé un banc très-puissant de trapp noir, schisteux ou compacte, décrit par MM. Foster et Whitney comme trapp chloritique. Il est inférieur à la syénite et se retrouve dans la même position dans toute la partie explorée de la contrée. J'ai constaté son existence à la mine Fulton, à l'est du lac Portage, et à la mine Windsor, à l'ouest d'Ontonagon. Les parties compactes présentent une certaine résistance aux agents atmosphériques, mais les couches schisteuses tombent en petits fragments après quelques mois d'exposition à l'air.

Au lac la Belle, on ne peut pas voir quelle est la position de cette variété curieuse dans l'ensemble de la formation trappéenne, mais à la mine Fulton et dans l'ouest, on peut aisément se convaincre qu'elle n'est pas la couche inférieure de la formation (1).

Les bords du lac la Belle sont formés par les grès, dont les couches, brisées et bouleversées en plusieurs points, plongent vers le sud-est, au contact de la syénite.

Du sommet des montagnes syénitiques, on peut prendre une idée bien nette de la contrée. A l'est on peut suivre les escarpements composés de syénite jusqu'au mont Houghton, élevé de 260 mètres, et formé de jaspe

(1) Cette excursion au lac la Belle m'a permis, comme on vient de le voir, de rectifier les renseignements qui m'avaient été fournis pendant mon premier voyage. Il n'existe aucune trace de trapp plongeant vers le sud ; tous les bancs venant affleurer au jour pendent vers le nord-ouest, et le grès seul présente une inclinaison contraire.

identique avec celui qui existe en abondance dans le massif de roches métamorphiques de Marquette.

Vers l'ouest, on voit les grès s'élever progressivement sur la syénite et leurs couches prendre une inclinaison plus régulière et plus marquée vers le sud. On distingue très-bien à l'horizon la fin des escarpements syénitiques et leur remplacement par les grès qui forment des pentes de 25 à 30°.

La partie pittoresque du panorama est complétée par la vue du lac la Belle, et les ruines des établissements fondés il y a peu d'années, abandonnés après une dépense considérable, parce que les travaux n'ont rencontré dans les filons que des cuivres gris, sans valeur en présence des masses de cuivre natif reconnues à la mine de Cliff.

Les filons explorés auprès du lac la Belle sont presque certainement les mêmes que ceux reconnus plus au nord dans les deux zones métallifères, et dans les conglomérats qui forment la côte, à l'est de Agate-Harbor.

La disposition générale des roches trappéennes à la pointe de Keweenaw se modifie beaucoup à une faible distance de la mine de Cliff. Quand on avance vers l'*ouest*, on voit disparaître assez brusquement les escarpements du greenstone, à peu près au point où les montagnes syénitiques cessent de présenter des escarpements élevés. Région du lac Portage.

Les vallées transversales sont moins nombreuses, et la surface de la formation est assez régulièrement ondulée; on peut distinguer plusieurs chaînes de montagnes, à peu près parallèles, qui courent d'abord N. 30° à 35° E. : elles sont déviées dans le voisinage immédiat du lac Portage, et prennent la direction N. 35° E. Les pentes exposées au nord-ouest sont très-roides, et dans

les parties non recouvertes par les alluvions l'angle d'inclinaison approche beaucoup de 60°. Les versants exposés au sud-est n'offrent qu'une inclinaison bien moindre, de 35° à 40°, et paraissent encore provenir de cassures à peu près normales aux bancs.

Au nord, les trapps sont recouverts par les conglomérats et par les grès, en bancs et en couches plongeant au nord-ouest parallèlement aux trapps sous des angles de 45 à 55°.

Au sud, les grès s'élèvent jusqu'aux sommets des plateaux et se présentent en couches inclinées vers le sud-est, sous des angles variables de 25 à 35°.

Les alluvions couvrent toute la contrée, et permettent seulement de reconnaître à peu près la nature et la disposition des roches. On n'a pu faire jusqu'à présent qu'un très-petit nombre d'explorations; les travaux de mines ne sont un peu importants que dans le voisinage immédiat du lac Portage : aussi la disposition des terrains n'est-elle bien connue qu'à une faible distance des rives de ce lac.

A l'est, le trapp présente encore les différentes variétés reconnues à la pointe de Keweenaw, la même disposition en bancs assez réguliers, séparés de distance en distance par des couches minces de conglomérats et de grès.

On peut cependant signaler une différence dans la composition chimique des roches; plusieurs bancs de trapp contiennent une proportion notable d'épidote, minéral très-rare dans les trapps de la pointe de Keweenaw.

L'amygdaloïde paraît plus développée et se présente en bancs plus puissants.

Vers le sud, auprès de la limite du grès, on voit une série de roches de trapp compacte, de trapp schisteux,

presque asbestoïde, se délitant assez facilement à l'air, d'une couleur très-foncée, presque noire. On les distingue très-bien dans les travaux de la mine Fulton, et je pense qu'on doit les assimiler aux bancs analogues constatés au pied des Bohemian-Mountains, par les travaux de la compagnie du lac la Belle.

A la mine Fulton, les trapps compactes s'étendent même à une petite distance au sud de ces bancs schisteux; ce qui démontre que ces derniers ne sont pas tout à fait à la base de la formation trappéenne.

Les grès présentent des deux côtés du trapp, sous des inclinaisons contraires, la même succession de couches. Ainsi, en allant de la mine Fulton au *Torch-Lake*, on rencontre d'abord les grès rouges violacés, puis des grès bariolés rouges et blancs, et enfin des grès *blancs à pâte calcaire*. Toutes les couches plongent vers le sud-est, et par suite les grès blancs sont à la partie supérieure de la formation. De même, en allant vers le nord-ouest, on traverse d'abord les conglomérats, dont la puissance paraît bien moindre que dans les environs de Eagle-Harbor; ensuite on trouve les grès rouges, puis les grès bariolés, et enfin les grès blancs, en couches plongeant vers le nord-ouest.

Il y a donc la symétrie la plus complète dans les deux zones de grès qui recouvrent les trapps: l'une, celle du nord, en stratification concordante; l'autre, celle du sud, en stratification complétement discordante.

A l'ouest du lac Portage, le terrain métallifère est assez bien exploré depuis un petit nombre d'années, par suite des travaux faits dans les mines, Ile Royale, Portage, Huron, etc. La disposition est tout à fait la même que celle de la partie située à l'est.

La direction des bancs de trapp est encore N. 35° E.;

plus à l'ouest, elle devient N. 45 à 50° E., et change de nouveau dans la contrée d'Ontonagon.

Au nord, les trapps sont recouverts en stratification concordante par les conglomérats et par les grès. Au sud, les grès plongent vers le sud-est.

Le lac Portage est évidemment dû à une faille transversale qui a produit un rejet notable en direction, et un abaissement sensible de la partie occidentale du terrain. Aux bords même du lac, on peut évaluer la différence de niveau à une dizaine de mètres.

Je dois signaler ici un phénomène assez singulier : les montagnes qui bordent le lac Portage dans la zone de trapp sont des deux côtés à pentes très-rapides; au nord-est, les alluvions commencent au niveau du lac et couvrent toute la contrée; au sud-ouest, on ne voit pas d'alluvions sur les pentes, on ne les retrouve qu'à une certaine distance à l'ouest dans le fond des vallées.

Comme les deux rives du lac sont extrêmement rapprochées; il n'est pas possible de supposer que les alluvions se sont déposées d'un côté seulement; elles ont dû être enlevées sur la rive sud-ouest par une action dont il est difficile de reconnaître maintenant la nature.

Région d'Ontonagon.

La formation trappéenne paraît conserver la même disposition générale à une grande distance du lac Portage, et même à l'ouest du comté d'Ontonagon. La direction des bancs est peu variable jusqu'aux principales mines de la contrée, Minnesota, Rockland, etc.; mais un peu plus loin, vers l'ouest, elle fait un angle plus grand avec le méridien. L'inclinaison est toujours vers le nord-ouest, et l'angle ne s'éloigne pas beaucoup de 60°. Du côté du nord, les trapps sont recouverts par les conglomérats et par les grès, qui paraissent être en stratification concordante avec les bancs de trapps. Au sud, les grès plongent en sens opposé.

Dans la partie de la contrée dans laquelle les mines sont principalement exploitées, c'est-à-dire depuis Shawmut, à l'ouest, jusqu'à Norwich, Ohio et Traprock, à l'ouest, la formation trappéenne présente trois chaînes de montagnes à peu près parallèles, dont la continuité est interrompue par de nombreuses failles transversales.

Les failles ont produit des dérangements considérables dans les alignements, et les trois chaînes paraissent composées de montagnes isolées, à peu près elliptiques, dont on ne peut pas toujours reconnaître la position réelle.

Les pentes sont très-rapides vers le nord dans toutes les parties que ne recouvrent pas les alluvions; l'inclinaison est celle des bancs de trapps, 60 à 65° au N.-O. Vers le sud, les pentes sont moins fortes, et là encore à peu près normales aux bancs.

Cette disposition est analogue à celle que présentent les trapps à la pointe de Keweenaw; l'aspect est différent, en ce que les escarpements se trouvent au nord; mais la différence n'est qu'apparente; elle résulte d'une plus forte inclinaison des bancs de trapps.

Du côté des mines Norwich, Ohio and Trap-Rock, la surface du sol est beaucoup plus accidentée que dans les environs de Minnesota. Les montagnes sont beaucoup plus élevées, les vallées plus profondes et plus larges, et les alluvions moins développées. D'après les indications qui m'ont été fournies, cette disposition se continue à une grande distance à l'ouest.

Dans toute la région d'Ontonagon, voisine de Minnesota, le trapp se présente principalement sous les variétés compactes et amygdaloïdes; l'épidote verte est très-abondante, surtout dans la variété amygdaloïde et dans le voisinage des filons. Vers l'ouest, au con-

traire, la variété compacte est dominante, et l'épidote verte ne se présente plus que comme partie constituante des filons.

Les trapps des Porcupine-Mountains paraissent avoir la plus grande analogie avec ceux de la pointe de Keweenaw; mais je dois m'abstenir d'en parler, parce que je n'ai pas eu occasion de visiter cette partie de la contrée.

§ IV. — *Du granite et des terrains métamorphiques.*

Le granite et les terrains métamorphiques occupent une immense étendue dans la région du lac Supérieur, principalement au nord et à l'est dans les possessions anglaises. Dans la partie américaine, ces roches se présentent depuis les bords du lac au nord de Marquette jusque bien loin vers l'ouest, dans l'État de Wisconsin. Dans ce massif, orienté presque de l'est à l'ouest, on peut distinguer le granite, la syénite, le gneiss, les micaschistes, les talcschistes, les schistes chloritiques et amphiboliques, des bancs de quartz et des couches de calcaires plus ou moins cristallins, les schistes argileux et différentes variétés de trapp.

Granite. Le granite n'a pas une composition constante; tantôt il renferme les trois éléments : quartz, feldspath, mica (ces deux derniers bien nettement cristallisés), dans des proportions comparables; tantôt, au contraire, le mica manque presque complétement, ou bien se trouve remplacé par de la chlorite et par de l'amphibole; dans d'autres parties, le quartz est peu abondant, le feldspath est rose et le mica devient minéral accidentel, tandis que l'amphibole hornblende est prédominante; la roche est alors une véritable syénite tout à fait pareille à celle qui constitue les Bohemian-Mountains, au sud de la pointe de Keweenaw.

Le granite, avec ces variations nombreuses, se présente en montagnes assez élevées, à formes arrondies, ou bien en montagnes terminées en pentes douces et arrondies vers le nord, limitées au sud par des escarpements. Toutes sont orientées à peu près de l'est à l'ouest, soit de l'E. 20° N. à l'O. 20°. S.

L'ensemble de ces montagnes forme deux massifs distincts, qui peuvent être caractérisés par les noms de massif du nord, massif du sud. Il s'avance vers l'est jusqu'au bord du lac recouvert par les schistes métamorphiques et ceux-ci par les grès. L'interposition des schistes entre le granite et les grès n'est pas évidente dans toutes les parties explorées, mais elle a été bien nettement constatée en plusieurs points.

Assez resserrée près du rivage, la largeur du massif granitique augmente beaucoup vers l'ouest; elle dépasse 48 kilomètres auprès du lac Machigamig. Plus loin vers l'ouest, le massif se contracte beaucoup et se termine en pointe vers les sources de la Surgeon-River, à 80 kilomètres environ du rivage.

Les montagnes granitiques de cette partie de la contrée sont nommées les *Huron-Mountains;* leur élévation est extrêmement variable : elle atteint son maximum (400 mètres) à une faible distance au sud de la baie de Keweenaw.

Le massif du sud est séparé de celui du nord par un espace de 24 à 25 kilomètres, dans lequel on observe principalement les roches métamorphiques s'appuyant des deux côtés sur le granite.

Les montagnes dont l'ensemble constitue le massif du sud sont à peu près parallèles à celles du nord, c'est-à-dire sensiblement orientées de l'est à l'ouest; mais en général elles sont moins élevées; leurs sommets ne dépassent pas la hauteur de 300 mètres au-

dessus du lac Supérieur. Elles occupent un espace relativement très-restreint et sont recouvertes par les terrains métamorphiques à moins de 50 kilomètres du lac. Au sud, les grès s'avancent jusqu'au granite, et la relation des deux terrains n'a pas encore été convenablement étudiée. La contrée est beaucoup trop sauvage, sa distance aux habitations est trop grande pour qu'on ait pu faire des explorations suffisantes.

A l'ouest, le granite reparaît en montagnes perçant les terrains métamorphiques dans le comté d'Ontonagon et s'avance dans l'État du Wisconsin, avec la même orientation de l'est à l'ouest. Dans le massif du sud comme dans le comté d'Ontonagon, le granite contient très-peu de mica, souvent même la proportion du quartz est assez faible et la roche est presque exclusivement feldspathique; les montagnes sont peu élevées au-dessus des vallées et sont fréquemment à pentes très-roides : du côté du sud, les escarpements sont peut-être plus prononcés que vers le nord.

Les alluvions recouvrent en partie les terrains, à peu près comme à la pointe de Keweenaw; et le granite présente fréquemment du côté du nord des stries presque parallèles qui sont rapportées à la période erratique.

Les principales explorations de la région granitique ont été faites par M. S.-W. Hill, ingénieur et géologue distingué, qui réside au lac Supérieur depuis les premières entreprises de mines. D'après ses indications, les montagnes granitiques sont fréquemment flanquées des deux côtés par du gneiss, de la syénite, du jaspe et ensuite par des schistes plus ou moins métamorphiques, en sorte que les deux massifs du nord et du sud, et les montagnes granitiques de l'Ontonagon, sont loin d'être composés seulement de granite. Cette roche

n'a traversé les terrains métamorphiques qu'en un certain nombre de points ; elle a partout déterminé la configuration du sol et se trouve certainement à une faible distance de la surface dans plusieurs des parties les plus élevées de la région spécialement métamorphique.

Cette région paraît assez bouleversée, mais cependant présente encore la même disposition que les massifs granitiques, c'est-à-dire des montagnes très-élevées, presque parallèles, orientées dans leur ensemble de l'est à l'ouest. Roches métamorphiques.

Les schistes micacés et talqueux, passant aux schistes argileux, peuvent être observés en zones puissantes, formant des montagnes élevées; les sommets sont toujours composés de micaschistes et de schistes talqueux, les schistes argileux n'existant que dans les vallées.

En plusieurs points on observe des alternances de schistes talqueux et de schistes amphiboliques analogues à ceux qu'on a constatés dans les deux massifs granitiques au contact de la syénite. Les schistes amphiboliques alternent parfois avec des bancs de trapp, présentant la même orientation et provenant certainement, comme les schistes cristallins, du métamorphisme de roches stratifiées argileuses et ferrugineuses.

On a constaté dans la même région des bancs de quartz et de feldspath analogues à ceux qui constituent le mont Houghton, à la pointe de Keweenaw, des couches de calcaire saccharoïde et même plusieurs zones d'une roche cristalline pareille au greenstone, présentant comme lui des escarpements élevés du côté du sud.

Les minerais de fer, en masses considérables, se trouvent en plusieurs endroits dans les terrains métamorphiques; ils sont en relation avec des zones de Minerais de fer.

schistes amphiboliques, orientées de l'est à l'ouest et fortement imprégnées d'oxydes de fer.

Ces minerais présentent des variations considérables dans leur richesse : on connaît déjà des bancs puissants de fer oligiste, mélangé d'une faible proportion de fer oxydulé, ne renfermant que deux à trois centièmes d'une gangue amphibolique, tandis que des parties très-voisines renferment une proportion très-forte de cette même roche siliceuse et ne rendent pas plus de 30 à 35 p. 100 de fonte à l'essai.

Dans la partie la plus anciennement explorée, la mine Jackson, les minerais de fer sont accompagnés par des trapps, des schistes talqueux et des schistes amphiboliques, dans lesquels on distingue encore la stratification primitive ; au nord et au sud des bancs de conglomérats quartzeux, imprégnés de minerais de fer, semblent limiter la région minérale.

Les galets des conglomérats appartiennent à toutes les roches connues dans la contrée, y compris les minerais de fer ; la pâte ferrugineuse semble prouver que l'action qui a produit les masses même de minerais s'est renouvelée à des époques très-éloignées.

Les minerais de fer forment des montagnes très-élevées, de 300 à 400 mètres, au-dessus du lac Supérieur, et orientées comme toutes celles de la contrée, à peu près de l'est à l'ouest. Les gisements principaux explorés jusqu'à présent sont à une assez grande distance du rivage, mais la pente du terrain rend les transports faciles, et déjà un chemin de fer est établi entre les mines les plus importantes et le port de Marquette.

Les renseignements qui précèdent sont certainement très-incomplets, et on ne doit pas espérer que les relations des roches diverses qui constituent le massif

granitique et métamorphique soient éclaircies avant plusieurs années.

Les explorations géologiques suivront nécessairement la construction du chemin de fer de Chicago à Marquette et la mise en exploitation des mines importantes que renferme la contrée.

Je peux cependant faire ressortir dès à présent un fait géologique de la plus haute importance : le trapp associé aux schistes amphiboliques est tout à fait analogue aux roches trappéennes de la pointe de Keweenaw ; il est traversé comme elles par des filons contenant du cuivre et de l'argent natifs. Il me semble difficile de ne pas reconnaître l'identité de composition et de formation des trapps dans les deux régions. Dans celle des minerais de fer, les trapps présentent en plusieurs points un passage gradué aux schistes amphiboliques ; ils *ont été* produits évidemment par la même action métamorphique et ne sont pas des roches ignées.

D'un autre côté, dans les *Huron-Mountains*, on voit le granite accompagné de syénite, et cette dernière roche recouverte par des schistes amphiboliques passant progressivement à des schistes moins cristallins. De ces faits résulte une grande analogie entre la succession des roches à la pointe de Keweenaw et celle que présente le massif granitique. La différence entre les trapps et les schistes amphiboliques peut être expliquée par une différence de composition chimique des roches stratifiées soumises plus tard à une action métamorphique.

§ V. — *Des filons, des fentes, des failles dans la région des minerais de cuivre.*

Des gisements du cuivre.

Dans mon premier mémoire, j'ai donné une description détaillée des filons de la pointe de Keweenaw et

des gisements cuprifères de l'Ontonagon ; mais n'ayant pas visité en 1854 les exploitations du lac Portage, je n'ai pu écrire sur les gisements de ce district que des indications incomplètes, basées sur les renseignements qui m'avaient été fournis par M. Stevens. J'ai eu l'occasion de visiter les travaux exécutés sur les deux rives du lac Portage, dans mon voyage de 1855, et je suis en mesure de donner sur ces gisements quelques détails certains.

Je rappellerai brièvement les dispositions générales des filons à la pointe de Keweenaw et dans l'Ontonagon, afin de mieux faire ressortir la relation des gisements métallifères du lac Portage avec ceux des autres parties du lac Supérieur.

Gîtes métallifères de la pointe de Keweenaw.

Le cuivre se trouve presque exclusivement dans des filons parfaitement caractérisés, dirigés à peu près normalement à la direction des bancs de trapps et de conglomérats. Plusieurs d'entre eux ont été suivis depuis le bord du lac, au nord, jusque dans les grès qui viennent au sud s'appuyer sur les montagnes syénitiques : ils traversent tous les terrains, grès, conglomérats, trapp et syénite. La plupart des filons reconnus n'ont été bien explorés que sur une très-faible longueur en direction, et pour cette raison seule ne sont pas encore considérés comme traversant tous les terrains.

Presque tous les filons sont verticaux ou du moins font un angle très-grand avec l'horizon, et tous répondent à des rejets plus ou moins considérables des terrains encaissants, tant en direction qu'en hauteur. Ce sont de véritables failles transversales, remplies ultérieurement par des matières minérales. Elles ne diffèrent que par le remplissage d'un nombre considérable de failles et de fentes également presque normales à la direction des bancs, et qui ont influé d'une manière

remarquable sur la configuration de la pointe de Keweenaw.

Les filons contiennent des matières extrêmement variées; leur nature, la proportion et l'état chimique du cuivre, aussi bien que la puissance et la division en veines et veinules, dépendent en grande partie de la roche encaissante.

Les filons contiennent : du quartz, de la chlorite, du calcaire spathique, une matière feldspathique, de l'épidote, de la laumonite et diverses variétés de zéolithes. Ces substances sont tantôt en masses ou en zones, tantôt seulement comme minéraux accidentels; très-fréquemment le corps des filons contient des fragments de toute grosseur de la roche encaissante, et présente l'apparence d'une brèche extrêmement curieuse. Le cuivre, associé quelquefois avec de l'argent natif, est ordinairement disséminé dans les gangues en grains très-fins, en feuillets ou en lames irrégulières, plus rarement en masses de dimensions colossales dans un très-petit nombre de filons.

Dans les conglomérats, la gangue est presque exclusivement calcaire, et le cuivre se présente à l'état natif ou à l'état d'oxyde noir cristallin et de silicate hydraté. Dans cette roche, les filons n'ont pas encore été riches en cuivre, et toutes les explorations commencées dans les conglomérats ont été abandonnées promptement. J'ai suivi très-attentivement plusieurs affleurements calcaires dans la grande zone de conglomérats, sans pouvoir distinguer une seule mouche cuivreuse. Les petites masses de cuivre qui ont été signalées dans cette roche sont extrêmement voisines de la bande amygdaloïde des bords du lac, et paraissent dues à l'influence immédiate du trapp.

Les filons sont du reste très-nettement encaissés dans

les conglomérats et ne présentent que rarement plusieurs veines distinctes.

Dans les grès, les filons sont divisés en un grand nombre de veinules remplies par du quartz et du calcaire, mais ne contenant pas de cuivre. On les considère généralement comme tout à fait stériles dans les grès et comme ne se prolongeant pas à une grande distance dans cette roche. Je n'ai pu examiner aucune exploration faite dans les grès, et par suite je dois me borner à l'énoncé de cette opinion défavorable, partagée par tous les ingénieurs du lac Supérieur.

A la limite des conglomérats et de la première zone amygdaloïde du nord, les filons sont divisés en un très-grand nombre de veinules, séparées en faisceaux plus ou moins écartés les uns des autres. Ainsi dans la baie d'Agate, les bancs d'amygdaloïde contenant de l'agate présentent plusieurs séries de veinules disposées en éventail, se réunissant progressivement vers le sud, de manière à former des filons bien encaissés dans le conglomérat et dans les deux zones métallifères. Pour plusieurs filons cependant, on peut distinguer dans l'amygdaloïde la veine principale, à laquelle se rattachent les veinules détachées.

La matière de remplissage est principalement quartzeuse et renferme souvent du cuivre natif en proportion exploitable. La position de l'amygdaloïde sur les bords du lac et le pendage des bancs vers le nord, son peu d'élévation au-dessus du niveau du lac, sont des conditions défavorables, et jusqu'à présent les explorations faites dans ce terrain n'ont pas donné lieu à des exploitations productives.

Auprès de Eagle-Harbor, on a mis en exploitation à diverses reprises un filon de laumonite et de calcaire contenant un peu de cuivre natif; mais on a dû aban-

donner, soit par suite du peu de richesse du filon, soit en raison de la nécessité de pousser immédiatement les travaux sous les eaux du lac. Quoi qu'il en soit, ce filon de laumonite est le seul qui ait été reconnu jusqu'ici au lac Supérieur. A l'est du phare de Copper-Harbor, le filon de Clarke se présente assez bien encaissé dans la même zone amygdaloïde; il contient beaucoup de calcaire spathique et renferme du cuivre oxydé noir et du silicate de cuivre. Ces deux espèces minérales forment des colonnes peu puissantes dans l'amygdaloïde et même dans les parties les plus voisines des conglomérats. La compagnie de Pittsburg and Boston M. Co. les a exploitées avant la découverte du riche filon de Cliff.

Dans les deux zones métallifères du nord et du sud, la gangue des filons renferme toujours plusieurs substances : quartz, calcaire, chlorite et même feldspath. L'une ou l'autre est dominante pour un même filon, suivant la texture des bancs de trapp encaissants.

Le quartz domine dans les trapps compactes; la chlorite est plus abondante dans les bancs amygdaloïdes. La puissance des veines et la disposition des veinules latérales est de même assez variable, mais ce fait est moins étonnant, parce que le mode de cassure des terrains a dû nécessairement varier avec la dureté des bancs.

Les filons contiennent tous une certaine proportion de cuivre natif et même d'argent natif, disséminés en petits grains dans le quartz, la chlorite, etc. Dans un très-petit nombre de filons, on a trouvé des masses de cuivre un peu considérables. La disposition et la nature des gangues sont assez variables dans les différents filons; cependant il m'est impossible de décrire les ca-

ractères auxquels on peut reconnaître les filons riches en cuivre de ceux dont l'exploitation ne saurait donner des bénéfices. En étudiant toutes les exploitations de la pointe de Keweenaw, j'ai pu me faire une opinion presque certaine de l'aspect des filons riches et des filons pauvres, mais elle résulte seulement d'une appréciation personnelle, et n'est pas de nature à être exposée par écrit.

Les ingénieurs qui seront appelés à diriger des travaux au lac Supérieur devront commencer par former leur opinion en visitant toutes les exploitations, en comparant les différents filons dans les mêmes bancs de trapp. Cette difficulté de reconnaître à la disposition des gangues les filons riches des filons pauvres, explique les travaux considérables qui ont été continués pendant plusieurs années dans des filons peu productifs.

Pour tous les filons riches, la distribution du cuivre paraît suivre des règles constantes. Dans les bancs de trapps compactes, le cuivre est peu abondant; les masses importantes, les gangues fortement imprégnées de cuivre, ne se trouvent que dans les bancs amygdaloïdes, et par suite forment dans les filons des colonnes assez régulières, inclinées vers le nord sous un angle de 30 à 32°. Cette règle est maintenant admise par tous les ingénieurs du lac; elle vient de recevoir une consécration nouvelle par les découvertes faites en 1856 dans la mine de South-Cliff. Le filon de Cliff extrêmement riche dans les bancs amygdaloïdes qui sont au pied (et au sud) du greenstone était peu productif dans le trapp compacte qui succède à l'amygdaloïde, à une plus grande distance du greenstone. On a fait des explorations un peu plus au sud dans le même filon et dans une nouvelle zone amygdaloïde, reconnue à la sur-

face, et là le filon a de nouveau présenté de grandes masses de cuivre natif.

Dans le greenstone, les filons se divisent tous en un certain nombre de veines, généralement peu puissantes et très-quartzeuses. Elles contiennent des petits grains de cuivre, mais jusqu'ici on n'a pas rencontré de filon exploitable dans cette roche dioritique. Le riche filon de Cliff paraît lui-même inexploitable.

Ces variations de richesse en cuivre avec la nature des bancs de trapp, est déjà bien sensible aux affleurements; elle est évidente dans les travaux souterrains de toutes les mines. Chaque variété de trapp correspond à un degré particulier de richesse en cuivre des filons; l'amygdaloïde est jusqu'à présent la roche encaissante qui répond à la plus grande richesse.

Dans les trapps très-durs et compactes du sud, on n'a fait aucune exploration suivie; ces affleurements sont trop fréquemment recouverts par les alluvions et par la terre végétale pour qu'on puisse indiquer la nature des gangues et la disposition du cuivre.

Dans la syénite des Bohemian-Mountains, les filons conservent leur direction, sont assez nettement encaissés, et présentent peut-être une division et un nombre de veines plus grands que dans les trapps compactes. La nature de la gangue est peu différente; c'est encore un mélange de quartz, de calcaire spathique, de chlorite et de fragments anguleux détachés de la roche encaissante. Le cuivre n'est plus à l'état natif, mais à l'état de cuivre gris ou de cuivre panaché, disséminés en mouches ou formant des veinules dont l'épaisseur atteint $0^{m},15$. Dans les travaux assez développés qui ont été faits du côté du lac la Belle, on a constaté dans un certain nombre de filons la substitution du cuivre gris au cuivre natif. C'est là un phéno-

mène extrêmement curieux, et dont il faut chercher la cause dans la roche; on peut aisément, en faisant l'excursion d'Agate au lac la Belle, suivre les affleurements d'un même filon. On le voit à Agate s'avancer dans les conglomérats sous les eaux du lac rempli seulement par du calcaire; on le reconnaît plus ou moins métallifère et contenant du cuivre natif dans les différentes zones de trapp, et plus au sud, dans la syénite, il contient des minerais sulfurés.

Vers le milieu de la zone métallifère du nord s'étend un banc de trapp amygdaloïde assez analogue pour sa structure avec la roche qui contient les agates sur le bord du lac, de Copper-Harbor à Eagle-Harbor. Il est criblé de cavités et de fissures remplies à une certaine distance de tous les filons par les minéraux de la gangue et par du cuivre natif. On a commencé son exploration à la mine de Copperfalls, et on l'a reconnu bon à exploiter à des distances des veines différentes, variables avec la richesse de ces veines.

Je ne pense pas que le *Ashbed*, ainsi que l'appellent MM. Foster et Whitney, soit un filon véritable; il me paraît être seulement, comme je viens de l'indiquer, une couche d'amygdaloïde très-poreuse, dans laquelle les matières des filons ont pénétré. Cependant son exploration est encore trop peu avancée pour qu'on puisse se prononcer avec certitude sur sa nature.

J'ai parlé dans un des précédents paragraphes de la couche mince de conglomérat qui s'étend au-dessous du greenstone, à la limite de la zone métallifère du sud. Elle est connue dans toute la région de la pointe de Keweenaw, depuis l'extrémité de la pointe jusque bien au delà de Cliff-Mine; on peut même admettre qu'elle se prolonge jusque dans le comté d'Ontonagon et considérer comme son représentant les couches de

conglomérat des mines de Minnesota, National, etc. Elle forme un horizon des plus remarquables, parallèle aux bancs de trapp noir et schisteux, qu'on peut suivre depuis les montagnes syénitiques de la Pointe jusqu'aux points explorés le plus à l'ouest dans l'Ontonagon.

La couche de conglomérats est accompagnée d'un banc très-mince de roche feldspathique, contenant quelques mouches cuivreuses. On ne sait pas encore si le banc se trouve partout avec le conglomérat; on ne l'a constaté qu'auprès de la vallée de Eagle-River, et son exploration n'a paru présenter aucune importance. Il serait possible cependant que la roche feldspathique eut une certaine analogie avec les veines métallifères qui suivent la couche de conglomérat dans les mines de l'*Ontonagon*.

Le ashbed et cette couche feldspathique sont jusqu'à présent les seules indications de gisements de cuivre natif n'appartenant pas au système des filons transversaux. On peut donc, dans l'état actuel des explorations, avancer que le cuivre natif existe dans toute la pointe de Keweenaw principalement dans des filons coupant tous les terrains sous des angles voisins de 90° et produisant des rejets plus ou moins notables dans les terrains encaissants. Ces filons sont de véritables failles transversales, remplies postérieurement par des matières terreuses et métalliques, qui ont pénétré jusqu'à une certaine distance dans les bancs poreux du trapp amygdaloïde.

Des gisements de cuivre et d'argent natifs dans la contrée d'Ontonagon.

La contrée d'Ontonagon renferme des gisements de cuivre et d'argent natifs peut-être plus riches que ceux de la pointe de Keweenaw, mais présentant une disposition essentiellement différente.

Les filons ne traversent plus normalement les bancs

de trapp, mais sont parallèles à leur direction, et les coupent en profondeur sous un angle très-aigu.

Le filon exploité dans les mines National, Minnesota, Rockland, etc., se divise près du jour en plusieurs veines dont les affleurements sont parallèles. L'une d'entre elles est interposée entre un banc de conglomérat et des bancs de trapp compacte, et paraît être par places extrêmement riche en cuivre et en argent natifs. Ces veines sont réunies par de nombreuses veinules, quelquefois sans importance, quelquefois au contraire contenant des masses considérables de cuivre.

Ce système de veines, qu'on peut nommer le système de Minnesota, s'étend à de grandes distances à l'est et à l'ouest, dérangé dans son alignement par un grand nombre de failles transversales, mais conservant toujours sa position relativement aux bancs du trapp et à la couche de conglomérats. Il se trouve à peu près dans la position correspondante à celle du green-stone à la pointe de Keweenaw.

Dans les montagnes trappéennes du nord et du sud, on connaît plusieurs systèmes analogues à celui de Minnesota, parallèles à la direction des terrains. Ils sont peut-être moins nettement encaissés; les matières qu'ils contiennent ont pénétré dans plusieurs bancs amygdaloïdes, qui présentent du cuivre natif à une certaine distance des filons. Ces veines sont jusqu'à présent considérées comme moins riches que celles de Minnesota, et ne contiennent que de très-petites masses de cuivre (1). On pourrait chercher à l'expliquer par la

---

(1) Toutes les compagnies de mines de cuivre dans l'Ontonagon cherchent à se placer dans la même position que la mine de Minnesota, et prennent comme horizon la couche de

nature amygdaloïde et par suite poreuse des bancs encaissants, dans lesquels une partie du cuivre est disséminée. Cependant cette réputation d'une richesse très-inférieure peut être due à ce que les principaux travaux ont été faits dans les mines exploitant les veines de Minnesota; ces dernières sont presque stériles à certains intervalles, et rien ne démontre que les autres ne possèdent pas également des colonnes métallifères dignes d'être exploitées.

Les veines de l'Ontonagon sont remplies par du quartz, du calcaire spathique, de la chlorite, de l'épidote verte, de la laumonite et par une matière feldspathique rouge, qui paraît provenir de la décomposition de la roche trappéenne. L'épidote verte est bien plus abondante qu'à la pointe de Keweenaw; mélangée avec du calcaire ou avec du quartz, elle remplit souvent presque seule des veines peu métallifères : plusieurs bancs amygdaloïdes en sont fortement imprégnés.

La disposition de ces substances dans les filons est assez analogue à celle que présentent les veines de la pointe de Keweenaw, dans les deux zones métallifères du nord et du sud; mais jusqu'ici on n'a pas pu décou-

---

conglomérat qui sert de mur à la veine du sud de cette mine. Il est cependant impossible de déterminer la position réelle des différentes mines, sans étudier avec attention tous les systèmes des failles transversales qui dérangent les alignements des chaînes de montagnes et des filons. La couche de conglomérat ne peut pas elle-même donner des indications satisfaisantes, parce qu'il existe plusieurs couches analogues séparant des bancs de trapp de nature différente. Le système de filons de Minnesota se trouve dans des bancs presque exclusivement compactes, tandis que les filons situés plus au sud traversent des roches amygdaloïdes. La nature des trapps est un horizon plus certain pour la position relative des mines différentes que l'existence d'un banc de conglomérat, plus ou moins analogue à celui de Minnesota.

vrir l'influence de la roche encaissante sur la nature et la disposition des gangues; on ne connaît pas non plus les relations qui doivent exister entre le terrain et la distribution des colonnes métallifères. On sait seulement que la veine au contact du conglomérat (dans le système de Minnesota) contient beaucoup de calcaire spathique, qu'elle renferme par places des masses importantes d'argent natif, et que le cuivre ne se présente presque jamais disséminé en mouches, mais bien plutôt en masses irrégulières, de dimensions souvent considérables.

A cet égard, on manque presque entièrement, dans l'Ontonagon, des renseignements précieux fournis par l'expérience, qui permettent aux exploitants de la pointe de Keweenaw de porter de leurs explorations dans les parties où les filons seront probablement plus riches.

Vers l'ouest du district d'Ontonagon, les veines semblent devenir plus pauvres et plus nombreuses, en conservant assez bien tout l'ensemble de leurs caractères. Une seule mine, celle de Norwich, présente des apparences assez favorables pour qu'on ait intérêt à continuer les explorations; cependant elle n'a produit encore que de la matière à bocarder très-pauvre : les masses de cuivre ne sont pas de grandes dimensions et sont assez rares.

Au nord-est de Minnesota, au delà de la vallée de l'Ontonagon, les failles transversales sont trop nombreuses pour qu'on puisse reconnaître la position des différentes mines. De nombreuses explorations ont été faites, des sommes considérables ont été dépensées, et cependant on ne peut citer aucune mine en bonne exploitation. Les filons reconnus dans la chaîne de Minnesota et dans la chaîne du sud se continuent certaine-

ment à l'est avec leur même allure, mais avec des variations assez grandes dans la richesse en cuivre.

On ne les a pas même suivies jusqu'au lac Portage, séparé par plus de 40 kilomètres des derniers travaux d'exploration de l'Ontonagon. On peut cependant présumer que dans l'intervalle inexploré de la zone trappéenne les veines des différents systèmes se réunissent progressivement.

Des gisements du cuivre au lac Portage.

La formation trappéenne est coupée par le lac Portage dans la direction E.-O. Les deux rives sont assez rapprochées, et présentent vers le lac des pentes assez fortes; les montagnes situées au sud s'élèvent à environ 130 mètres, tandis que celles du nord ne dépassent pas 118 mètres au-dessus du lac. Les travaux d'exploration ont été commencés depuis plusieurs années, mais n'ont pris que tout récemment une importance notable sur la rive méridionale.

Les mines nommées Ile-Royale, Portage, Huron, sont maintenant assez avancées pour qu'on puisse se faire une idée suffisamment exacte de l'allure des gisements; au nord, au contraire, les mines Quincy, Pewabic, etc., n'ont encore donné lieu qu'à des explorations insuffisantes. Il est donc nécessaire de distinguer les deux rives du lac; je commencerai par les mines Ile-Royale, Portage, Huron, etc., qui sont les mieux connues.

Les bancs de trapp sont dirigés N. 35° E. à S. 35° O. et plongent vers le nord-ouest sur un angle d'environ 60°; on distingue principalement les deux variétés, amygdaloïde et compacte, séparées de distance en distance par des couches minces de grès et de conglomérats. Les gisements de cuivre paraissent être intercalés entre les bancs de trapp, et ceux-ci sont fréquemment brisés et pénétrés par les matières minérales qui accompagnent le cuivre natif. Il en résulte que les gise-

ments exploités présentent presque toujours l'apparence de brèches, dans lesquelles les fragments du trapp sont cimentés par du calcaire spathique, du quartz, de la chlorite, de l'épidote verte, matières minérales qui contiennent du cuivre et de l'argent natifs, en proportion souvent assez forte. Dans les trapps compactes, les fragments de la roche encaissante ne contiennent pas de cuivre ; au contraire, dans les bancs amygdaloïdes, les fragments de trapp sont fortement imprégnés de toutes les matières minérales.

Cette disposition générale offre donc une certaine analogie avec celle que présentent les mines de l'Ontonagon. Les gisements doivent être considérés comme des filons intercalés entre les bancs de trapp : la séparation des bancs ne s'est pas faite nettement ; le trapp a été cassé et fissuré jusqu'à une certaine distance ; les matières minérales ont ensuite rempli toutes les fissures, en produisant des gisements en apparence assez irréguliers. Les exploitants sont dans l'obligation d'abattre une largeur très-variable et souvent fort grande du terrain, ce qui contribuera certainement à élever le prix de revient du cuivre. Les filons sont cependant nettement encaissés, sur une certaine étendue, dans les parties les plus compactes des bancs amygdaloïdes, disposition qui avait fait croire, dans les premiers temps des travaux, que les filons étaient peu continus, et que le cuivre était principalement disséminé dans des bancs amygdaloïdes plus poreux.

Les deux veines principales reconnues jusqu'à présent sont nommées Ile-Royale et Portage *veins* ; elles sont écartées de moins de 100 mètres, et paraissent être réunies par plusieurs veinules transversales ; leur puissance varie de 1 mètre dans les parties bien encaissées jusqu'à plus de 12 mètres dans la roche

amygdaloïde brisée. Elles contiennent du cuivre natif en petits grains et en masses de faibles dimensions; mais jusqu'ici on n'a pas rencontré de masses comparables à celles de Minnesota. L'argent natif s'est montré en petite quantité auprès de la surface, mélangé avec le cuivre, mais non combiné. Ces deux veines se continuent à une grande distance vers l'ouest; leur exploitation est déjà commencée à la mine Huron, et leurs affleurements ont été suivis à plusieurs kilomètres au delà. Il est probable, comme le pensent M. Douglass et plusieurs ingénieurs de la localité, que ces gisements du lac Portage vont se réunir avec ceux de l'Ontonagon. Une couche de conglomérat, voisine du filon de l'Ile-Royale, a même fait supposer l'identité de cette veine avec l'une de celles exploitées à Minnesota. Je n'ai pas besoin de faire observer que cette identité n'est *pas du tout certaine*; elle ne sera démontrée que dans plusieurs années, quand l'intervalle qui sépare les deux mines aura été convenablement exploré.

Plusieurs veines analogues à celles de Portage et de l'Ile-Royale ont été reconnues dans la même région, et de nombreuses locations ont été prises, soit sur le bord du lac, soit à une certaine distance dans l'intérieur : les travaux les plus sérieux ont été faits par les compagnies Ile-Royale, Portage, Huron. Un puits foncé dans les bancs les plus rapprochés des grès du sud a rencontré un gisement cuprifère dont le métal est combiné avec l'arsenic.

Les exploitations sont trop peu avancées pour qu'on puisse se prononcer sur la nature du gisement; on peut seulement prévoir une analogie remarquable avec les faits observés dans les montagnes syénitiques de la pointe de Keweenaw, dans lesquelles le cuivre existe à l'état de minerai arsenical.

De l'autre côté du lac, on a fait des explorations sur un certain nombre de veines, sans pousser les travaux avec assez de continuité : les filons paraissent très-importants et très-riches, à en juger du moins par les résultats obtenus, et par les travaux anciens très-développés, dont l'existence est bien constatée.

Dans les locations de Quincy et de Pewabic, on a fait quelques puits sur une veine analogue à celles de Portage et Ile-Royale, disposée comme elles entre deux bancs de trapps, brisés et imprégnés jusqu'à une certaine distance par les matières des filons. La roche encaissante est amygdaloïde au toit comme un mur, et renferme du cuivre bien au delà des parties brisées. Le filon a une puissance variable, généralement comprise entre 2 et 4 mètres; il contient de l'épidote, de la chlorite, du calcaire spathique, du quartz, des fragments de toute dimension de la roche amygdaloïde; il renferme un peu d'argent natif, et du cuivre natif, en grains disséminés dans la gangue et dans la roche, des petites masses de cuivre désignées sous le nom de *Barrelwork*. Dans les parties travaillées par les anciens, et dans lesquelles on a foncé quelques puits, les ouvriers ont trouvé d'assez belles masses de cuivre. La richesse de cette veine paraît au moins aussi grande que celle des filons exploités de l'autre côté du lac Portage, mais les travaux présentent la même difficulté, en raison de la puissance du filon et de la présence de gros blocs d'amygdaloïde.

Il est impossible de savoir jusqu'à quelle distance vers le nord-est cette veine peut se continuer; on ne la connaît pas à la hauteur de la mine Fulton, et par suite il est probable qu'elle se termine en pointe à un petit nombre de kilomètres du lac Portage.

Le système des filons transversaux de la pointe de

Keweenaw commence à se manifester à la location de Quincy ; on a reconnu plusieurs veines qui coupent nettement les bancs de trapp. Ainsi, près des maisons d'ouvriers, on voit les affleurements de plusieurs filons nettement encaissés, puissants de 0^m.25 à 0^m.50, dirigés N. 3° E. et N. 16° O. Un peu plus loin, sur les montagnes, on a suivi sur une longue distance un autre filon, dirigé N. 17° E., coupant les bancs de trapp sous un angle très-aigu : il est connu sous le nom de *veine de Quincy*, et les premiers propriétaires du terrain en avaient commencé l'exploration par quelques puits peu profonds.

Ce filon a une puissance variable de 0^m.50 à 0^m.90 ; il est séparé de la roche par des salbandes, et présente tout à fait le même aspect que les veines peu métallifères de la pointe de Keweenaw. Les premières explorations ont produit quelques petites masses de cuivre, et de la matière à bocarder imprégnée d'une faible proportion de cuivre natif.

Il y a donc une grande différence entre ces systèmes de filons coupant les bancs de trapp et les veines intercalées entre les bancs : ces dernières paraissent bien plus riches, et c'est par elles qu'il convient de commencer les travaux, bien que l'exploitation présente des difficultés plus grandes.

On a trouvé dans les locations de Quincy et de Pewabic des puits très-nombreux, qui paraissent avoir été faits par les Peaux-Rouges à une époque très-reculée. Ils sont tous sur la veine parallèle aux bancs de trapp, et ceux qu'on a vidés semblent répondre aux parties les plus riches des veines. Les anciens mineurs, très-probablement de la race indienne, connaissaient donc parfaitement la nature des gisements de cuivre et argent. Le meilleur guide pour les exploitants actuels

est encore le grand développement des travaux anciens.

La veine de Pewabic contient en assez grande abondance une matière violacée, renfermant du quartz, du feldspath et de l'oxyde de fer; elle ne contient pas de cuivre, mais bien de l'argent natif, en proportion quelquefois assez grande pour mériter l'exploitation. L'argent natif se présente d'ailleurs avec le cuivre natif comme dans la plupart des filons riches du lac Supérieur.

Les mines du lac Portage sont dans des conditions assez bonnes pour les transports. Jusqu'à présent, les grands bâtiments n'ont pas osé se risquer dans le lac Portage : les machines, les approvisionnements, etc., ont été débarqués à l'entrée du lac dans la baie de Keweenaw, et transportés aux établissements sur des bateaux. Une expérience toute récente (1856) a prouvé que le lac Portage est accessible aux navires d'un tirant d'eau assez fort; on peut prévoir que dans un avenir assez rapproché les transbordements seront évités, et les bâtiments des grands lacs viendront charger et décharger aux quais même des mines.

Considérations générales sur les filons de cuivre.

Les explications que j'ai données dans mon premier mémoire et dans les pages précédentes, sur les filons de cuivre et d'argent des trois régions explorées sur la rive américaine du lac Supérieur, me permettent d'émettre une opinion probable sur le mode de formation des gisements.

Dans toute la partie explorée jusqu'à présent, le cuivre et l'argent sont accompagnés par des minéraux bien différents de ceux qui constituent les roches encaissantes, quartz, calcaire spathique, épidote, laumonite, etc., et se trouvent dans des filons véritables; les uns, traversant tous les terrains, sont des failles bien

caractérisées, comme à la pointe de Keweenaw; les autres, dans l'Ontonagon et au lac Portage, sont parallèles aux bancs de trapp en direction et ne les coupent que dans la profondeur, ou bien sont intercalés entre des bancs de trapp. Partout on peut reconnaître des cassures bien nettes, dans lesquelles sont renfermés les minéraux et les métaux utiles. La roche encaissante ne contient du cuivre et des minéraux qui l'accompagnent que dans le voisinage immédiat des filons, et là seulement où sa nature amygdaloïde explique aisément la pénétration des matières qui ont rempli les filons. Il est donc certain pour moi que les gisements du cuivre au lac Supérieur sont des fentes ou des failles remplies ultérieurement par des matières minérales. La direction et la disposition des fentes présentent de grandes différences de la pointe de Keweenaw au lac Portage et dans l'*Ontonagon*; *elles ont été* certainement produites par les soulèvements qui ont déterminé la configuration de la contrée. Il me paraît difficile de savoir si toutes les fentes se sont produites en même temps, ou si elles sont dues à des soulèvements successifs; mais il n'y a pas le moindre doute pour le remplissage de ces fentes. Les minéraux sont de même nature et disposés de la même manière dans tous les gisements, et certainement le remplissage a été fait en même temps pour toutes les fentes, à la pointe de Keweenaw, au lac Portage et dans l'Ontonagon.

L'époque du remplissage ne saurait être fixée maintenant; elle est postérieure au dépôt des grès, puisque les filons pénètrent jusque dans cette roche; mais on ne peut tirer de ce fait aucune conséquence importante, puisque le dépôt du grès a certainement précédé les soulèvements.

Quant au mode de remplissage, on peut affirmer avec

certitude que la voie ignée n'a eu aucune part dans la production des filons. L'existence de l'argent mélangé avec le cuivre (1), soudé mais non combiné avec lui, la présence dans les grandes masses de cuivre de noyaux contenant en même temps quartz, calcaire spathique et chlorite, l'existence du cuivre métallique dans les cristaux de calcaires, sont autant de preuves que le cuivre, l'argent et tous les minéraux ont été déposés par voie humide et en même temps.

On est donc ramené à l'hypothèse de dissolutions minérales contenant des combinaisons de cuivre et d'argent.

La précipitation des métaux doit être attribuée à une action galvanique tout à fait analogue à celle employée dans les ateliers de galvanoplastie. Cette hypothèse est la seule qui puisse rendre compte de l'aspect du cuivre métallique, de sa concentration dans certaines bandes du terrain trappéen, et de son existence à l'état de minerai dans certaines zones moins perméables aux courants électriques. On s'étonnera moins de l'énoncé de cette hypothèse si l'on réfléchit que les bancs de trapp agissent encore maintenant avec beaucoup de force sur

---

(1) L'argent est quelquefois séparé du cuivre, soit disséminé dans la chlorite, comme dans la mine Clarke à la pointe de Keweenaw, soit dispersé en particules très-fines dans la gangue des filons, comme à la mine Pewabic près du lac Portage: soit même ramifié dans le calcaire spathique comme à Minnesota: plus ordinairement il se présente sur le cuivre natif en petits grains qui semblent crachés sur le métal; souvent aussi l'argent et le cuivre sont en petites masses et en plaquettes se pénétrant mutuellement; j'ai vu une masse de cuivre qui contenait dans son intérieur un noyau d'argent. De ces apparences, on peut conclure que dans le remplissage des filons par voie humide: 1° l'argent n'a pas été précipité par le cuivre ; 2° ces deux métaux ont été déposés par une action analogue, et à la même époque.

l'aiguille aimantée, en produisant des déviations variables à de faibles distances depuis 5 à 6° jusqu'à plus de 90°. D'ailleurs, il est impossible d'imaginer une action différente de celle de la galvanoplastie qui puisse produire des plaquettes de cuivre métallique portant l'empreinte fidèle des stries les plus fines des cristaux calcaires et des parois sur lesquelles elles sont appliquées.

Des failles.

Toutes les formations explorées depuis la pointe de Keweenaw jusqu'à l'état de Wisconsin sont traversées par des failles nombreuses, dont la disposition générale paraît extrêmement curieuse à étudier. Elles n'ont pas encore attiré l'attention des directeurs et ingénieurs des mines du lac Supérieur, et dans mes deux voyages, nécessairement trop rapides, je n'ai pu en reconnaître qu'une partie. Je ne pourrai donc donner que peu de détails sur ce sujet très-important; je pense cependant pouvoir présenter quelques faits intéressants. Je suivrai pour les failles le même ordre que pour les filons, et je considérerai successivement les trois régions principales : la pointe de Keweenaw, le lac Portage et la contrée d'Ontonagon.

Des failles à la pointe de Keweenaw.

On peut distinguer dans cette région deux systèmes de failles : l'un à peu près normal à la direction, l'autre à peu près parallèle et sensiblement perpendiculaire aux bancs eux-mêmes. J'ai déjà désigné le premier système sous le nom de failles transversales et le second sous le nom de failles longitudinales. Ces dernières sont jusqu'à présent peu évidentes, mais leur existence est certaine. Un certain nombre d'entre elles sont visibles en plusieurs points sans qu'il soit possible de les suivre à de grandes distances, à cause des alluvions et de la terre végétale qui recouvrent les roches sur une grande épaisseur.

Failles longitudinales.

Entre les baies de Copper et Agate-Harbor, vers la limite de la première zone de trapp amygdaloïde, j'ai pu constater une faille longitudinale assez mal caractérisée; vers le sud et à une faible distance, le bouleversement longitudinal des terrains est indiqué par une série de petits lacs qui s'étendent tous parallèlement au rivage. Son étude est impossible dans l'état actuel des travaux, mais il importe de signaler son existence aux ingénieurs des différentes locations des bords du lac : elle permettra de connaître la relation de la bande amygdaloïde avec la grande zone métallifère du nord. Il me paraît très-probable que cette faille a relevé et amené au jour une partie de la zone de trapp située au nord du greenstone.

Dans les conglomérats et dans les deux zones metallifères, on distingue encore un certain nombre de failles longitudinales, indiquées par des stries verticales sur les pentes les plus abruptes des montagnes. Aucune d'elles ne paraît avoir une importance comparable à celle de la première que j'ai signalée. Elles ont certainement contribué à faire paraître beaucoup plus étendue la formation de trapps et de conglomérats. En raison de leur existence, je pense maintenant qu'il n'est pas possible d'évaluer la puissance des conglomérats et des trapps d'après l'étendue horizontale qu'ils occupent et l'inclinaison des bancs.

Au sud des *Bohemian-Mountains*, composées principalement de syénite, on peut constater la faille la plus importante de toute la pointe de Keweenaw; elle est bien à découvert depuis l'extrémité orientale de la Pointe jusqu'au lac Gratiot; plus à l'ouest, elle est en partie cachée en raison de la position des grès sur le trapp. Sa direction est à peu près E. 10° N. à O. 10° S. ; elle est presque verticale avec une légère inclinaison

vers le sud. La formation trappéenne qui est au nord de cette faille a été soulevée, vers l'est de la pointe de Keweenaw, à une grande hauteur relativement aux grès qui se trouvent au sud. Les grès s'appuyant sur le trapp ne s'élèvent que d'un petit nombre de mètres au-dessus des eaux du lac vers les montagnes syénitiques du lac la Belle, tandis que leurs couches plongeant vers le sud s'élèvent progressivement vers l'ouest jusqu'aux sommets des plateaux de la formation trappéenne. Leurs couches sont à peu près horizontales à une faible distance, et la séparation des pentes inclinées vers le sud et des parties horizontales est marquée par une série de cassures remplies maintenant par des lacs, depuis le lac la Belle jusqu'au lac Portage.

Cette disposition extrêmement curieuse ne permet pas d'admettre que le grès a été déposé en couches horizontales. Il a cédé partiellement à l'effet du soulèvement qui a mis en évidence les tranches successives des trapps et des conglomérats.

L'escarpement que le greenstone présente vers le sud n'est pas dû à une faille, car les bancs de trapp amygdaloïde de la zone métallifère du sud, inférieurs à ceux du greenstone, ne présentent pas la plus faible différence dans leur stratification ; l'escarpement, très-variable du reste, ne représente que la tranche des bancs brisés par le soulèvement.

Failles transversales.

Les failles transversales sont extrêmement nombreuses et quelquefois tellement rapprochées qu'elles donnent aux bancs de trapp un aspect presque colonnaire. Cet effet se remarque principalement au greenstone, près de la mine de Cliff, près de celle North-Western et en plusieurs autres points. Dans ces conditions, ce ne sont plus de véritables failles, mais

seulement des fentes très-voisines qui ne donnent pas lieu à des rejets sensibles.

Les failles principales produisent dans toutes les formations des vallées plus ou moins profondes, dont les côtés présentent des différences notables de niveau et d'alignement. Quand on observe la contrée des points les plus élevés, par exemple, des montagnes de conglomérats à l'est de Copper-Harbor, on peut suivre les failles dans le trapp, dans le greenstone et jusque dans les montagnes syénitiques, par les vallées qu'elles ont produites. J'ai tracé (*fig.* 6) plusieurs des failles les plus voisines de Copper-Harbor dont j'ai relevé la position à peu près exacte avec M. Stevens.

Les rejets principaux ont pour effet d'avancer la partie orientale vers le sud; dans mes excursions jusqu'à la mine de Keweenaw-Point, à plus de 10 kilomètres à l'est de Copper-Harbor, j'ai remarqué un assez grand nombre de failles qui presque toutes produisent des rejets dans le même sens. De cette disposition générale résulte un fait géologique extrêmement curieux. L'extrémité orientale de la pointe de Keweenaw présente à très-peu près la direction E.-O., tandis que les bancs de trapps et conglomérats sont dirigés de E. 10° à 15° N. à O. 10° à 15° S. La différence de ces deux directions est produite par les rejets successifs vers le sud. Le rivage devait présenter, avant l'action destructive des agents atmosphériques et des eaux du lac, des dentelures disposées en gradins irréguliers.

A mesure qu'on avance à l'ouest vers Eagle-River, les failles sont plus espacées et les rejets n'ont plus lieu tous dans le même sens; les vallées produites sont plus larges et plus profondes. Ainsi la vallée d'Eagle-River laisse couler vers le nord, à travers le greenstone, les eaux de la zone métallifère du sud.

D'après les renseignements qui m'ont été fournis, les failles transversales seraient assez peu nombreuses entre Eagle-River et le lac Portage.

Le lac Portage est une faille énorme qui traverse les grès du sud, les trapps, les conglomérats et les grès du nord. Il donne à la pointe de Keweenaw l'aspect d'une presqu'île : en hauteur, la différence de niveau des deux côtés du lac est assez faible, et le rejet en direction n'a pas été suffisamment bien constaté. Cependant on peut en avoir une idée en examinant les cartes; elles indiquent que la partie nord-est a été rejetée vers le nord de plusieurs centaines de mètres. La même indication est fournie par les positions occupées, d'un côté par les filons exploités dans les concessions Ile-Royale, Portage, Huron, etc., et de l'autre côté par la veine reconnue dans les locations Quincy et Pewabic. L'ouverture de la faille est très-grande vers le sud dans les grès; de ce côté, le lac Portage se réunit presque avec le Torchlake, qui me paraît indiquer assez nettement la ligne de cassure qui sépare les grès en couches horizontales des grès inclinés. Des failles au lac Portage.

Cette même ligne se continue vers l'ouest du lac Portage par un torrent dont le nom n'est pas porté sur les cartes.

A l'ouest du lac Portage, les failles transversales ne paraissent pas nombreuses; mais je dois m'abstenir d'émettre une opinion à cet égard, n'ayant pas eu l'occasion de faire des excursions de ce côté.

Dans l'Ontonagon, les alluvions sont trop épaisses pour qu'on puisse distinguer les failles longitudinales; on peut seulement signaler dans les grès du sud la continuation de la ligne de brisure si évidente à la pointe de Keweenaw par la série des lacs la Belle, Gratiot, Torch, et vers l'ouest du lac Portage par l'existence Des failles dans l'Ontonagon

d'un torrent coulant parallèlement à la séparation du trapp et du grès. Les failles transversales sont, au contraire, bien caractérisées et nombreuses; elles ont produit des vallées très-profondes et causé de grands dérangements dans les alignements des chaînes de montagnes.

Le plus grand peut-être et le mieux connu maintenant est celui qu'on observe dans la vallée de l'Ontonagon. Il répond à une faille à très-peu près normale à la direction des bancs de trapp, s'étendant depuis le bord du lac au nord jusque dans les grès du sud, dans lesquels elle paraît se diviser en plusieurs branches.

On peut se rendre compte du rejet occasionné par cette faille en observant du haut des plateaux de Forest les alignements des chaînes de montagnes dans lesquelles on exploite, Minnesota, National, Rockland, etc. Il dépasse certainement 100 mètres, mais je ne peux préciser aucun nombre : je dois même déclarer que la mesure de l'étendue du rejet ne pourra être faite qu'après avoir assigné la position véritable du filon de Forest; je le considère comme appartenant au système du sud, tandis que plusieurs ingénieurs de la contrée auraient voulu l'assimiler au riche filon de Minnesota.

Jusqu'à présent on n'a pas fait d'explorations suffisantes des failles transversales de l'Ontonagon; elles ne contiennent pas de cuivre métallique, et si les travaux qui seront faits dans un avenir très-rapproché justifient cette opinion, générale au lac Supérieur, la différence de position des gisements métalliques à la pointe de Keweenaw et dans l'Ontonagon sera parfaitement tranchée.

On n'a pas cherché à dresser une carte spéciale des

failles des trois régions explorées jusqu'ici au lac Supérieur; son importance se fait sentir tous les jours davantage, et très-probablement ce travail sera bientôt entrepris par l'un des ingénieurs américains qui ont parcouru le pays dans tous les sens depuis un grand nombre d'années.

En attendant cette carte, on peut se faire une opinion assez approchée de la position des failles en étudiant les cartes géologiques déjà publiées, celles surtout qui sont tracées sur une grande échelle: les principales rivières répondent aux failles les mieux caractérisées; pour les ruisseaux plus petits, il y a plus d'incertitude, parce qu'ils coulent souvent dans de simples dépressions des terrains; un certain nombre cependant répond aussi à des failles bien nettes.

§ VI. — *Des alluvions.*

Les alluvions couvrent une grande partie des terrains dans toutes les régions du lac Supérieur et présentent une variété très-curieuse. MM. Foster et Whitney, dans leur Description géologique publiée en 1850 et 1851, distinguent plusieurs divisions bien tranchées : les galets roulés cimentés par de l'argile ou des sables, les sables grossiers, les argiles plus ou moins ferrugineuses et les sables fins.

Les alluvions contiennent des blocs de toutes dimensions, identiques avec ceux qui ont été trouvés dans toutes les parties de la contrée et à de grandes distances au sud-ouest, sur les sommets des montagnes aussi bien qu'au fond des vallées. Les blocs sont considérés par les géologues américains comme étant en relation avec les stries observées sur un grand nombre de roches dures, arrondies sur le côté tourné au nord-est.

Les blocs, les stries, la forme arrondie des monta-

gnes appartiennent certainement à la période erratique; mais il n'en est pas de même pour les alluvions. A cet égard, je dois présenter un petit nombre de faits qui me paraissent avoir un certain intérêt.

Galets roulés. J'ai pu observer les galets roulés à la pointe de Keweenaw, dans les points où jusqu'en 1855 on considérait les alluvions comme manquant presque complétement. La fréquence des pointes de trapp traversant la terre végétale et l'absence de travaux d'exploration avaient porté à penser prématurément que les alluvions n'existaient pas; elles paraissent, au contraire, remplir les dentelures successives que présente la surface des deux zones de trapps. La partie supérieure est occupée par les sables et les argiles; dans le fond, on trouve quelquefois des graviers et presque toujours des galets roulés.

Les galets sont identiques pour la forme, pour la grosseur et pour la composition avec ceux qui composent les conglomérats. Ils sont cimentés par une matière noirâtre ferrugineuse.

En les observant en place, j'ai été frappé de l'analogie que l'ensemble présente avec les conglomérats : je suis convaincu que ces galets proviennent de la décomposition par les agents atmosphériques de fragments de conglomérats restés après le soulèvement dans les dépressions du trapp.

Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner ces galets dans d'autres localités, ce qui m'empêche de généraliser mon opinion; je dois donc la restreindre à la pointe de Keweenaw.

Des graviers. Les graviers accompagnant les galets roulés contiennent des fragments de toutes les roches qui composent les galets ou les conglomérats; ils proviennent donc certainement de la destruction de ces roches.

Des sables et des argiles.

Les sables et les argiles constituent la partie la plus apparente des alluvions au lac Supérieur ; ils paraissent avoir été formés sur place et n'avoir pas été transportés. Ainsi, dans toutes les vallées, on peut reconnaître dans les sables et dans les argiles les éléments provenant des roches qui composent les montagnes voisines. Sur les grès blancs, on ne trouve que des sables presque incolores ; sur les grès bariolés, sur les grès rouges, sur les conglomérats, les sables très-peu argileux sont toujours colorés en rouge plus ou moins foncé ; enfin, dans les deux zones de trapp, les alluvions sont très-argileuses et toujours assez fortement colorées. Ces changements dans la nature des alluvions, suivant la nature des terrains, me semblent une preuve certaine que les alluvions, sables et argiles ont été produites lentement et sur place par la décomposition des terrains eux-mêmes, à une époque certainement antérieure à la formation de la terre végétale.

Pour expliquer maintenant la présence dans les alluvions des blocs transportés évidemment à de grandes distances, il faut admettre que les phénomènes erratiques se sont prolongés pendant toute la durée de la formation des alluvions et probablement même au delà.

Il y a eu deux actions contemporaines : l'une, tout à fait locale et probablement permanente, a produit les alluvions, graviers, sables et argiles ; l'autre, intermittente, a déposé les blocs de grandes dimensions sur les alluvions comme sur les terrains qui n'en étaient pas recouverts.

§ VII. — *Considérations générales sur les roches trappéennes.*

Dans les paragraphes précédents, j'ai conservé le nom de trapps aux roches ainsi désignées par les géo-

logues américains, dans lesquelles on a trouvé les gisements de cuivre natif. Elles sont considérées généralement comme des roches éruptives, intercalées entre les couches d'un terrain stratifié plus ou moins ancien.

Cette hypothèse ne s'accorde cependant ni avec la nature de ces roches elles-mêmes, ni avec leurs relations avec les terrains stratifiés en contact avec elles.

Tous les faits observés jusqu'ici dans les parties explorées de la pointe de Keweenaw et de l'Ontonagon me portent à penser que ce sont des roches stratifiées métamorphiques, tout aussi bien que les micaschistes et les schistes amphiboliques de la région des minerais de fer.

Je ne peux parler ici que de la partie américaine du lac Supérieur, celle qui s'étend de la pointe de Keweenaw jusque dans le Wisconsin ; je n'ai pas visité les rives septentrionale et orientale du lac et je ne possède sur elles que des renseignements insuffisants. La collection des roches de ces contrées, rapportée par M. le comte de Rottermund, semble démontrer une similitude presque parfaite avec les roches trappéennes de la pointe de Keweenaw et avec les terrains évidemment métamorphiques du massif granitique de Marquette.

Les motifs sur lesquels je fonde mon opinion, que les roches trappéennes ne sont pas d'origine ignée, mais bien des terrains stratifiés métamorphiques, sont assez nombreux.

1° Dans les terrains évidemment métamorphiques qui accompagnent le granite, les trapps sont associés aux roches amphiboliques et aux schistes peu altérés, dont ils suivent les plissements contournés. Ils paraissent être un état particulier du métamorphisme des roches qui marquent le passage du gneiss aux schistes,

par la syénite, les roches amphiboliques et les schistes chloritiques. Dans les parties peu altérées, les plus éloignées du granite, on voit les schistes, des bancs de grès et des couches de calcaire compacte; dans celles plus voisines du granite, soumises à une action plus énergique, on trouve les jaspes, les quartzites et les couches de calcaire saccharoïde, en même temps qu'on peut observer le passage par degrés insensibles des syénites aux roches amphiboliques, de ces dernières aux trapps et de ceux-ci aux schistes chloritiques et aux schistes non altérés.

2° Dans cette même région, les roches trappéennes contiennent des filons de cuivre natif, dont la disposition est analogue à celle des gisements de la pointe de Keweenaw : les filons paraissent s'étendre jusque dans les schistes, autant du moins qu'on peut en juger d'après les explorations superficielles qui ont été faites tout récemment. La présence du cuivre natif dans les trapps de Marquette établit leur identité avec les trapps de la région cuprifère.

3° Le massif granitique et métamorphique est entouré par les grès, analogues à ceux observés plus au nord, reposant sur les conglomérats, sur toute la rive méridionale du lac Supérieur, depuis Eagle-Harbor jusqu'à l'extrémité occidentale du lac, identiques avec ceux qui s'appuient sur la partie méridionale de la zone trappéenne. Les grès paraissent avoir été brisés et traversés par le massif granitique, comme ils ont été brisés et soulevés en même temps que les trapps et les conglomérats.

4° En suivant les zones trappéennes de la pointe de Keweenaw jusque dans l'Ontonagon, on distingue partout une stratification très-nette; les mêmes bancs se continuent dans toute la contrée dans la même position

et avec des caractères constants. Ainsi les bancs noirs et schisteux qu'on observe au pied des montagnes syénitiques du lac la Belle, se retrouvent au delà d'Eagle-River, à la mine Fulton, et jusque dans les parties les plus occidentales de l'Ontonagon, à la mine Windsor. De même aussi la succession des bancs compactes et des bancs amygdaloïdes, avec les couches minces de grès et conglomérats intercalées, peut être suivie des îles Manitou jusque auprès du lac Portage, et du lac Portage à l'ouest de l'Ontonagon.

5° Au nord de la formation, les trapps offrent plusieurs alternances, régulières et bien continues en direction, avec les conglomérats et les grès. Dans la zone amygdaloïde des bords du lac, auprès d'Agate-Harbor, on peut suivre le passage évident du trapp amygdaloïde au grès ferrugineux, lui-même altéré; le même banc présentant au mur l'aspect du trapp amygdaloïde, et vers le toit l'apparence d'un grès fortement chauffé.

6° Le syénite des Bohemian-Mountains, le jaspe du mont Houghton, ont avec les trapps de la pointe de Keweenaw la même relation que les syénites et les jaspes de la région granitique présentent avec les schistes amphiboliques; la même analogie se retrouve, d'après MM. Foster et Whitney, dans les Porcupine-Mountains, à l'ouest d'Ontonagon.

A tous ces faits, je pourrais même ajouter que les trapps existent à de grandes distances à l'est et à l'ouest des parties explorées avec quelque soin, et que leurs caractères, leurs relations avec les granites et les grès paraissent se conserver d'une manière remarquable.

Par suite, je considère comme certain que les trapps ne sont que des schistes et des grès plus ou moins ferrugineux, métamorphisés par une action maintenant encore inconnue. Ils font partie d'une formation com-

posée de schistes, de conglomérats et de grès, dans laquelle sont intercalés plusieurs bancs calcaires, et dont on distingue la partie supérieure encore en place, ou du moins fort peu dérangée, du Saut-Sainte-Marie jusque bien au delà du massif granitique de Marquette.

Cette vaste formation entoure incomplétement la série des bassins concentriques, dont j'ai parlé au commencement de ce mémoire, et dont le centre est le terrain houiller du Michigan. Son âge géologique ne me paraît pas encore bien déterminé; il est assez probable qu'il se rapporte à la première période de l'époque silurienne, mais il est convenable d'attendre, pour décider la question, que des fossiles plus nombreux aient été trouvés dans les grès.

Le terrain métallifère a été brisé et soulevé en différents points, dans une direction fort difficile à distinguer : en prenant l'île Royale comme alignement, on serait porté à prendre la direction E. 25° N.; mais en considérant l'ensemble des montagnes granitiques et des zones de trapps, on arriverait à la direction générale E. 15° à 20° N.

Les fentes, les failles et les fractures nombreuses que présente la formation indiquent que le soulèvement est postérieur au métamorphisme : le remplissage des filons n'a eu lieu qu'après le soulèvement, alors que toutes les parties de la contrée avaient à peu près le relief actuel. Enfin, à une époque comparativement très-récente, ont eu lieu le transport des blocs erratiques et le dépôt des alluvions.

CHAPITRE III.

SITUATION DES MINES DE CUIVRE AU LAC SUPÉRIEUR.

L'exploitation des mines de cuivre dans les trois régions principales, la pointe de Keweenaw, le lac Portage et l'Ontonagon, a été continuée avec une grande activité, mais avec des phases diverses, pendant les années 1855 et 1856. Les deux mines principales, Cliff et Minnesota, ont considérablement augmenté leur production, et la richesse des filons exploités ne paraît pas diminuée, si même elle ne devient pas plus grande; d'autres mines, North-American, Central, Clarke, Ile-Royale, Portage, National, Rockland, Adventure, etc., se présentent sous un aspect très-favorable et livreront probablement bientôt des quantités considérables de métal.

D'un autre côté, plusieurs des mines, dans lesquelles on n'a pas rencontré de masses de cuivre, North-West, North-Western, Forest, Toltec, Windsor, etc., ont dû être fermées après des dépenses considérables pour certaines d'entre elles.

Dans la région de Marquette, l'exploitation des minerais de fer, la construction des usines, ont suivi une progression extrêmement rapide; l'importance des exportations de minerais et de fer en barres prend tous les jours un nouveau développement, et l'importance commerciale de cette partie du lac paraît devoir atteindre, dans un avenir très-rapproché, celle des districts situés plus au nord et qui produisent le cuivre métallique.

L'exposé succinct de la situation des principales mines présentera un intérêt d'actualité, en présence des offres nombreuses de vente de terrains métallifères que les propriétaires du lac Supérieur font faire sur les

places d'Europe. J'aurai soin d'éviter autant que possible de donner mon opinion sur les terrains à vendre, de considérer seulement les mines en pleine exploitation, et celles qui ont été abandonnées après des travaux assez longs pour faire connaître exactement la richesse des filons. La plupart de ces mines sont déjà décrites dans mon premier mémoire, et je n'aurai pas à revenir sur la description des gisements.

§ I. — *Des mines de cuivre à la pointe de Keweenaw.*

Je distinguerai pour les mines de la pointe de Keweenaw celles qui sont dans la zone métallifère du nord, c'est-à-dire au nord du greenstone, et celles qui sont exploitées dans la zone du sud.

Différents travaux d'exploration ont été faits en 1855 et 1856 au nord du greenstone par la compagnie française, qui a fait récemment l'acquisition de terrains très-étendus dans les environs de Agate-Harbor et Copper-Harbor.

Auprès de Copper-Harbor, on a commencé les travaux de mise en exploitation d'un filon, dont les affleurements présentent des caractères très-favorables, désigné sous le nom de *clarke-vein*. Ce doit être, d'après sa position et sa direction, le même filon dont la compagnie de Cliff-Mine avait commencé l'exploration près du fort Wilkins et près du phare de Copper-Harbor.

Les travaux sont entrepris dans une bande amygdaloïde peu distante du greenstone, et les premières excavations paraissent justifier l'espérance que les affleurements avaient fait concevoir.

Le filon est dirigé N. 18° O., et paraît plonger presque verticalement; sa puissance, assez variable, peut être évaluée à 0m,50 en moyenne; il présente en plusieurs

points des veines différentes, dont on peut suivre les affleurements. La matière de remplissage est principalement chloritique, au moins dans les bancs amygdaloïdes; elle contient du cuivre natif en grains très-fins, en plaquettes et en petites masses, et même une petite proportion d'argent natif.

Si les travaux commencés amènent la découverte de masses importantes de cuivre natif, ce fait sera d'un haut intérêt en démontrant la fausseté de l'opinion généralement admise par les ingénieurs américains, que la zone du nord est beaucoup inférieure à celle du sud. Cette opinion est basée seulement sur l'existence dans la zone du sud de la riche mine de Cliff, et sur l'*absence* d'aucune exploitation en situation prospère dans la zone du nord. Les explorations faites jusqu'à présent au nord du greenstone n'ont pas donné de bons résultats pour des raisons dont il est facile de se rendre compte; la plupart des compagnies n'ont fait que des fouilles insuffisantes, destinées seulement à mettre les affleurements en évidence; un très-petit nombre a commencé des travaux en vue d'une exploitation ultérieure, et le manque d'argent n'a pas permis de développer les recherches; d'autres compagnies ont méconnu l'influence de la nature du terrain encaissant sur la richesse des filons, et dépensé des sommes assez fortes en travaux faits en dehors des bandes principales de trapp amygdaloïde, les seules dans lesquelles on peut espérer une richesse suffisante.

L'étude comparative des caractères présentés par les affleurements me fait penser que la zone du nord est au moins aussi riche que celle du sud, et que plusieurs des filons déjà reconnus peuvent être exploités avec des bénéfices convenables.

Dans le voisinage immédiat de la baie d'Agate, on a

mis à découvert les affleurements de plusieurs veines, remarquables par leur continuité; j'ai pu suivre l'une d'elles depuis les bords du lac jusqu'aux montagnes syénitiques. Leur richesse n'est pas encore constatée, et les travaux commencés ont été provisoirement suspendus.

Copperfalls.

La situation des mines de Copperfalls est maintenant beaucoup moins favorable qu'il n'était permis de l'espérer en 1854. Les galeries ouvertes dans les deux veines principales, Copperfalls et Hill-Veins, n'ont pas été poussées vers le sud jusqu'aux bancs amygdaloïdes, voisins du greenstone. Le *ash-bed* lui-même n'a pas été mis en exploitation avec l'activité désirable. Il en a été de même des recherches commencées plus près du greenstone. La compagnie a mis tous ses soins à l'essai d'un nouvel appareil de bocardage et de lavage, qui très-probablement ne donnera pas de bons résultats, mais dont la réussite ne pourrait certainement pas compenser le défaut d'énergie dans les travaux des mines.

La production de Copperfalls est maintenant (1856) de 7 à 8 tonnes de cuivre pur par mois, c'est-à-dire inférieure à une centaine de tonnes par an. Les actionnaires ont déjà versé plus de 1.700.000 francs, et ne seront probablement pas tentés de continuer leurs sacrifices en présence des résultats insuffisants qui ont été obtenus.

Tout en constatant cet insuccès, je dois persister dans l'opinion favorable émise dans mon premier mémoire : les filons de Copperfalls convenablement exploités dans la zone amygdaloïde peuvent donner des bénéfices très-notables.

Les autres recherches commencées dans la zone métallifère du nord paraissent avoir pour but la vente des

terrains qui renferment les filons; c'est un motif suffisant pour m'empêcher de les décrire.

Zone du sud. Vers l'extrémité orientale de la pointe, une seule mine est en exploitation, c'est la mine de Keweenaw-Point, achetée depuis un petit nombre d'années par une compagnie anglaise. Le filon principal dirigé N. 25° O. est assez puissant, de 1 mètre à 1m.50, et contient une forte proportion de quartz et de calcaire; il renferme du cuivre natif disséminé en petits grains dans la gangue, en proportion assez grande pour qu'on ait intérêt à bocarder presque toute la roche extraite. Jusqu'à présent, ce filon n'a pas présenté de grandes masses de cuivre, bien qu'on ait dirigé les travaux dans la bande amygdaloïde la plus rapprochée du greenstone; on ne doit donc pas espérer des résultats comparables à ceux obtenus à Cliff-Mine. L'atelier de préparation mécanique n'est achevé que depuis peu de temps, depuis mon retour en France, et je n'ai pu me procurer des renseignements sur le rendement en cuivre métallique de la matière à bocarder.

En avançant vers l'ouest, on traverse successivement les mines Star, Montréal, Manitou, Empire, North-West, Summit, North-Western, Central, Eagle-River, Cliff et South-Cliff, et plus loin la mine Fulton.

Star. Dans cette concession, située à la hauteur de Copper-Harbor, on connaît deux veines, qui toutes les deux se prolongent au delà du greenstone, dans la mine de Clarke. Les travaux commencés depuis plusieurs années, et poussés mollement dans une veine assez pauvre, ne contenant pas de masses de cuivre, n'avaient pas donné de résultats bien nets en 1855. Depuis cette époque, on a entrepris l'exploration de la veine du phare de Copper-Harbor, nommée Clarke-Vein, qui venait d'être démontrée riche en cuivre au nord du

greenstone. Elle paraît contenir encore beaucoup de cuivre au sud de la roche dioritique, et la compagnie de Star fonde de grandes espérances sur sa mise en exploitation. Il faut attendre quelque temps encore pour savoir si cette espérance sera réalisée.

Je cite cette mine, dans laquelle on n'avait fait en 1855 que des petites fouilles insignifiantes, parce qu'on y remarque l'affleurement d'un filon, qui présente un aspect analogue à celui de Clarke. La disposition des gangues, le mode de dissémination du cuivre dans le filon de Clarke et dans celui de Montréal, présentent une ressemblance telle que j'avais pensé dans mon premier examen que dans les deux propriétés on voyait les deux parties d'un même filon, coupé et rejeté par une faille longitudinale. Cette hypothèse était rendue plus spécieuse encore par la différence existant entre les veines de Star et de Clarke, qui sont à peu près sur le même alignement. Un examen plus complet de tout le terrain m'a fait connaître en 1855 la disposition réelle. On retrouve dans la propriété Clarke le prolongement de la veine de Star, et dans cette dernière le prolongement de la veine de Clarke. Il n'y a pas de faille longitudinale au greenstone, et la veine de Montréal n'a aucun rapport avec celle de Clarke. Elle présente un aspect favorable à l'affleurement, ce qui a déterminé la compagnie française, propriétaire de Montréal, à commencer son exploration. Montréal.

Plusieurs compagnies différentes avaient fait, au pied du Greenstone et à l'ouest de Montréal, des travaux d'exploration par puits et galeries. Toutes ces mines ont cessé en 1855 et 1856 d'être en activité. Les veines de Manitou, Empire, etc., ont été reconnues trop pauvres pour être exploitées avec bénéfice, au moins dans les parties explorées. Pour la plupart de ces filons,

l'absence du cuivre en quantité suffisante me paraît bien certaine, mais pour quelques-uns les caractères des affleurements deviennent plus favorables dans la seconde bande amygdaloïde, à une certaine distance au sud du greenstone; l'abandon des travaux ne sera très-probablement que provisoire, et les résultats obtenus en 1856 à la mine de South-Cliff amèneront les compagnies à faire de nouvelles dépenses pour continuer les explorations vers le sud.

North-West. La vaste propriété North-West est située à la hauteur de Agate-Harbor, et présente un assez grand nombre d'affleurements. J'ai décrit dans mon premier mémoire l'état des travaux entrepris sur trois des filons, pauvres en cuivre depuis la surface jusqu'à une profondeur assez grande. La compagnie vient d'arrêter provisoirement les travaux, sans se décider à faire de nouvelles explorations, soit sur des veines différentes, soit sur les mêmes veines, à une distance plus grande au sud du greenstone.

North-Western. La compagnie de North-Western, au sud de Copper-falls, a de même suspendu ses travaux après avoir fait des dépenses considérables (750,000 fr. environ ont été versés par les actionnaires). Le filon a présenté vers la surface un aspect favorable, que la profondeur n'a pas justifié, et la persévérance a manqué à la compagnie pour continuer les recherches plus au sud. J'ai toujours une bonne opinion du filon de North-Western, mais je comprends fort bien l'hésitation des actionnaires à faire de nouveaux sacrifices après la non-réussite des travaux entrepris au pied du greenstone, dans la bande amygdaloïde considérée comme la plus productive d'après l'exemple de Cliff.

Central. La mine nommée Central-mine est située au pied du greenstone, à une faible distance à l'ouest de North-

Western, au sud de Copperfalls. Les travaux, commencés en 1854 et continués depuis sans grande activité, ont fait connaître un filon assez puissant, dont le prolongement doit se trouver à Copperfalls; son existence était indiquée par des excavations et des remblais considérables, attestant une longue exploitation par les Peaux-Rouges. Dès les premières recherches, on a rencontré des masses de cuivre d'assez grandes dimensions, et des matières à bocarder fortement imprégnées de cuivre. Les caractères du filon ne présentent rien de particulier, ni à l'affleurement ni dans la profondeur; le filon est divisé en plusieurs veines qui semblent s'écarter dans le voisinage du greenstone et se réunir vers la bande de trapp compacte qui existe à une certaine distance vers le sud.

La compagnie n'a fait jusqu'à présent que des dépenses insignifiantes; les travaux ne sont pas aménagés pour l'avenir; l'atelier de préparation mécanique n'est pas construit; on n'a même pas élevé de maisons pour les ouvriers. Les masses extraites ont été seules expédiées à la fonderie, les matières à bocarder sont restées sur le carreau de la mine, c'est-à-dire que l'argent a manqué pour donner à l'entreprise le développement dont elle est susceptible, en raison de l'apparence favorable du filon.

La production de la mine Central en 1855 a été seulement de 53 tonnes de cuivre brut, qui a donné en lingots 78 4/5 p. 100, soit environ 42 tonnes de cuivre marchand. En 1856, l'exploitation a donné des résultats peu différents.

La compagnie *Pittsburg and Boston M. Co.* poursuit l'exploitation du beau filon de Cliff avec une activité toujours croissante. Les veines latérales, d'abord délaissées, sont maintenant explorées avec plus de soins; Cliff.

elles sont presque aussi riches en cuivre que la veine principale et promettent pour l'avenir un nouvel accroissement dans la production.

Quelques travaux d'exploration ont été faits sur le prolongement du filon au nord du greenstone, mais jusqu'à présent sans résultat favorable. On ne doit pas en conclure que la richesse du filon est concentrée dans la bande amygdaloïde au sud de la roche dioritique; au nord comme au sud, le filon est probablement très-pauvre dans les trapps compactes, et les nouvelles recherches n'ont pas été faites dans les points les plus convenables.

Quoi qu'il advienne de ces travaux, l'existence des veines latérales très-riches en cuivre, constatées au sud du greenstone, permet maintenant une production qui aurait paru un peu aventurée en 1854.

En 1855, la mine a produit de 125 à 130 *tonnes* par mois de cuivre brut, masses, barrelwork et produits de la préparation mécanique, rendant à la fonderie 63 à 65 p. 100 de cuivre en lingots. En 1856, la production mensuelle a été plus forte; elle s'est élevée à 140 tonnes, rendant à peu près 64 p. 100 de cuivre pur à la fonderie. Pour ces deux années, la mine de Cliff a produit :

En 1855, environ 1.000 tonnes de cuivre en lingots.

En 1856, environ 1.100 tonnes de cuivre en lingots.

On espère une augmentation plus grande encore pour l'année 1857. Les dépenses annuelles relatives à l'exploitation doivent être fort peu supérieures à celles de 1854; mais la somme totale dépensée en 1855 et en 1856 doit être notablement plus élevée que celle de 1854, en raison du développement donné aux travaux d'aménagement et de recherches.

Les travaux ont été continués sur le filon de Cliff avec une certaine langueur en 1855 et, au contraire, avec activité en 1856. South-Cliff ou North-American.

Il n'est pas inutile de rappeler que les premiers travaux de la compagnie North-American ont été faits dans un filon situé à l'ouest de celui de Cliff; les résultats n'ont pas été satisfaisants, l'exploitation a dû être abandonnée après plusieurs années et des dépenses très-fortes. On a plus tard attaqué le prolongement du filon de Cliff, près de la limite des deux propriétés, et poussé les travaux avec une grande activité. On a rencontré presque immédiatement le prolongement des grandes masses de cuivre de la mine voisine et conçu les plus belles espérances pour l'avenir.

On a bientôt rencontré vers le sud les bancs de trapp compacte, dans lesquels le filon s'est présenté trop pauvre pour que son exploitation pût donner des bénéfices; en même temps, un procès de limites avec la compagnie de Cliff forçait à suspendre l'exploitation productive vers le nord : le filon devenait presque stérile dans la profondeur; en raison de l'inclinaison des bancs vers le nord, les travaux formés verticalement étaient sortis des bancs amygdaloïdes pour entrer dans le trapp compacte. La situation de la compagnie était encore une fois très-précaire; heureusement l'habile directeur, M. Joseph Paull, a entrepris l'exploration d'une seconde zone amygdaloïde, existant à une faible distance au sud de la première, et a retrouvé le filon contenant des masses de cuivre. A partir de ce moment, on a pu conserver de nouvelles espérances pour l'avenir; les actionnaires comptent enfin sur des bénéfices capables de les récompenser de leur longue persévérance. Ils n'ont pas versé moins de 1.200.000 francs; en outre, le cuivre extrait à North-American et South-

Cliff a produit des sommes importantes, dépensées également en travaux d'installations, de recherches et d'exploitation.

La production de la mine South-Cliff n'a pas dépassé 150 tonnes de cuivre (en lingots) en 1855; elle n'atteindra pas encore 200 tonnes en 1856 et ne pourra devenir importante qu'en 1857 et même peut-être un peu plus tard.

La mine Fulton est située à 15 kilomètres à l'ouest de Cliff, vers la limite sud de la formation trappéenne, par conséquent dans une position très-défavorable pour les transports. Les travaux ont été commencés dans un filon dirigé N. 25° O., qui traverse des bancs de trapp grenu, compacte, noir et schisteux. Le filon est peu puissant, rempli par du quartz, du calcaire et de la chlorite, et ne renferme que très-peu de cuivre. Le métal est disséminé en petits grains dans la gangue; on n'a trouvé encore qu'une seule petite masse. La matière à bocarder n'a pas paru assez riche pour qu'on fît les frais d'un atelier de préparation mécanique; la production de cuivre a été fort insignifiante, et sans doute les travaux seront prochainement suspendus, si même ils ne le sont pas déjà depuis la fin de 1855.

La production totale des mines de la pointe de Keweenaw pendant l'année 1855 peut être évaluée à 1.300 tonnes de cuivre en lingots; je ne peux donner encore de nombres exacts pour celle de 1856; je peux seulement citer une évaluation approximative, que je dois à l'obligeance de M. Hill. La production serait d'environ 1.450 tonnes, c'est-à-dire un peu plus forte que celle de l'année précédente, bien que plusieurs mines aient suspendu leurs travaux dans le cours de la campagne.

Les nombres que je donne ici paraissent inférieurs à

ceux qui sont cités dans les journaux américains; mais la différence n'est qu'apparente : j'ai réduit en cuivre fondu en lingots tous les produits expédiés des mines, tandis qu'il est d'usage au lac Supérieur d'évaluer la production d'après le poids embarqué pour les fonderies. Ces poids comprennent : les masses de cuivre de grandes dimensions, les petites masses irrégulières nettoyées sous le marteau et tous les produits très-divers des ateliers de préparation mécanique. Ces matières rendent en lingots de 60 à 75 p. 100.

§ II. — *Des mines du lac Portage.*

Dans le voisinage immédiat du lac Portage, plusieurs compagnies ont commencé des travaux d'exploration; sur la rive nord, aucune exploitation n'était en activité en 1855, bien que les filons reconnus paraissent valoir la peine d'être exploités. Les propriétaires de Quincy, Pewabic, etc., ne pouvaient pas ou ne voulaient pas (1855) faire les dépenses nécessaires et cherchaient des acquéreurs pour leurs terrains. Sur la rive sud, au contraire, trois compagnies ont développé des travaux sérieux avec une assez grande activité; les mines Ile-Royale et Portage commencent à produire des quantités notables de cuivre et compteront peut-être bientôt parmi les mines productives du lac. La mine Huron est moins avancée, mais donnera probablement aussi de bons résultats.

Les deux compagnies Ile-Royale et Portage ont des établissements convenablement installés; chacune a construit son atelier de préparation mécanique sur les bords du lac Portage; la réunion des employés et des ouvriers forme un village qui compte déjà plus de cinq cents habitants.

La compagnie Ile-Royale M. Co. est plus avancée

que celle Portage, parce qu'elle a commencé plus tôt à donner de l'activité à ses travaux; les actionnaires ont déjà versé près de 900.000 francs, et l'argent produit par la vente du cuivre extrait a été employé en totalité au développement de l'entreprise. La dépense totale faite par la compagnie ne peut pas être évaluée à moins de 1.250.000 francs.

La production de cuivre n'a commencé à devenir un peu notable qu'en 1855.

Les caractères bien reconnus maintenant du gisement exploité permettent de prévoir une augmentation pour les années suivantes.

En 1855, les produits embarqués, provenant pour la moitié au moins de la préparation mécanique, ont donné à la fonderie 175 tonnes de cuivre en lingots.

En 1856, on obtiendra probablement 250 tonnes.

Je ne connais pas les dépenses faites par les compagnies Portage et Huron; elles sont probablement assez fortes pour la première et peu élevées pour la seconde, car les travaux de la compagnie Portage ont commencé presque en même temps que ceux de l'Ile-Royale M. Co., et, au contraire, la mine Huron n'a été ouverte que tout récemment.

Ces deux mines ont produit en 1855 :

Portage. . . .	30 à 35	tonnes de cuivre en lingots.
Huron. . . .	6 à 7	— —

M. Hill m'a écrit au sujet du lac Portage que les trois mines Albion, Pewabic et Quincy avaient produit, en 1855, environ 6 à 8 tonnes de cuivre chacune; le cuivre provenant d'explorations faites à l'entreprise par des ouvriers et non pas d'exploitations permanentes.

En somme, toutes les mines voisines du lac Portage n'ont pas expédié plus de 350 tonnes de produits divers

contenant du cuivre, et desquels on a retiré 230 tonnes de métal fondu en lingots.

La production de 1856 sera plus forte; M. Hill l'évalue à 500 tonnes de produits expédiés, qui rendront de 320 à 330 tonnes de lingots.

§ III. — *Des mines de l'Ontonagon.*

Les mines placées à l'est du comté d'Ontonagon, Shawmut, Douglas-Houghton, etc., n'ont pas été mises en exploitation régulière, aucun gisement véritablement riche en grandes masses de cuivre n'a encore été mis en évidence. On doit cependant retrouver de ce côté la continuation des veines de Minnesota, contenant encore de belles colonnes de métal. C'est dans l'espérance de les rencontrer que de nombreuses explorations avaient été faites, peut-être avec une connaissance imparfaite des terrains et des veines, et certainement avec des moyens pécuniaires insuffisants. Dans ces conditions défavorables, il est difficile qu'une compagnie de mines puisse réussir, au lac Supérieur bien plus encore qu'en Europe.

Les mines voisines de la rivière d'Ontonagon, ou de la route en planches commencée par les compagnies de Toltec et d'Adventure, ont notablement changé de situation depuis l'année dernière.

Je prendrai successivement celles qui me paraissent les plus importantes, en suivant l'ordre dans lequel elles se présentent de l'est à l'ouest.

La mine de Toltec, que j'ai décrite dans mon premier mémoire, semblait présenter quelques chances favorables. La compagnie possédait des ressources suffisantes; elle avait consacré des sommes importantes à la création d'établissements bien conçus et à l'ouverture d'une bonne route de planches poursuivie jusqu'au Toltec.

village d'Ontonagon. Malheureusement les travaux ont été faits et poursuivis avec trop de persévérance dans un filon pauvre, tandis que les apparences des terrains, aussi bien que l'existence de puits très-anciens, indiquaient la richesse minérale à une certaine distance de la partie mise en exploitation. Plus malheureusement encore, la compagnie a consacré ses dernières ressources à monter un atelier de préparation mécanique et un plan incliné pour lui amener économiquement les roches à bocarder. Les travaux ont dû être arrêtés en 1856, alors que les dépenses s'élevaient à plus de 1.400.000 francs (renseignements fournis par M. Hill).

La production de 1855 n'a pas dépassé 50 *tonnes* de cuivre en lingots.

Adventure. La mine Adventure, voisine de Toltec, a pris, en 1855 et 1856, une certaine importance que les premiers travaux ne permettaient pas d'espérer. On a découvert une veine assez régulière, comprise entre des bancs de trapp amygdaloïde, très-chargée d'épidote et contenant des petits noyaux de calcaire spathique et de cuivre natif à une distance assez grande du filon.

Le cuivre se présente dans la veine, soit disséminé dans la gangue, soit en petites masses irrégulières, que les mineurs considèrent comme les précurseurs de masses plus considérables. Il me paraît encore difficile de se prononcer sur l'avenir réservé à cette exploitation, je peux seulement constater la grande amélioration survenue depuis mon premier voyage.

En 1855, Adventure a produit une cinquantaine de tonnes de cuivre pur, provenant seulement des masses exploitées, l'atelier de préparation mécanique n'ayant pas encore été construit. On espère élever la production à 100 tonnes en 1856. J'ignore si ce chiffre a pu être atteint.

La mine Ridge, située à l'ouest d'Adventure, est toujours dans les mêmes conditions; le gisement est pauvre, ne produit pas de masses de cuivre et ne saurait encore donner de bénéfices. La production de 1855 n'a pas atteint 20 tonnes de cuivre fondu en lingots. Ridge.

Quelques compagnies ont entrepris des travaux d'exploration en des points plus rapprochés de Minnesota; mais jusqu'à présent aucune exploitation régulière n'existe entre Ridge et Rockland. A Nebraska, le terrain est très-tourmenté; il présente une montagne de trapp élevée, comprise entre deux failles transversales fort rapprochées. Des affleurements contenant du cuivre et des travaux anciens avaient signalé depuis longtemps l'existence d'un gisement important, faisant à peu près suite à ceux de Minnesota et Rockland. Nebraska.

Les premières recherches ont effectivement fait reconnaître un filon peu puissant, présentant à peu près les mêmes caractères que la veine exploitée à Rockland et contenant des masses de cuivre de petites dimensions. On a poussé une large galerie horizontale de l'affleurement vers l'intérieur de la montagne, et, à une faible distance, on a trouvé le filon divisé en apparence en plusieurs veines. Je ne sais pas ce qui a été fait en 1856; quand j'ai visité la mine en 1855, les veines différentes de Nebraska présentaient une analogie très-grande avec les faits que je venais d'observer à Minnesota et à Rockland. Il doit y avoir à Nebraska, comme dans ces deux mines, plusieurs veines principales parallèles en direction, se coupant ou se réunissant à une grande profondeur, reliées par des veines diagonales presque verticales, plus nombreuses probablement à Nebraska, en raison de la plus grande dislocation des terrains.

La compagnie n'a fait encore que de faibles dépenses,

tout à fait insuffisantes pour qu'on puisse apprécier l'importance réelle du gisement. La production en 1855 n'a été que d'une quinzaine de tonnes de cuivre pur; on a embarqué pour la fonderie 20 tonnes de petites masses, dégagées au marteau de la gangue adhérente.

Rockland. La propriété Rockland est contiguë à celle de Minnesota et appartenait à la même compagnie. Son exploitation est maintenant distincte, bien que les principaux actionnaires soient également ceux de Minnesota. La veine sur laquelle on a commencé les travaux par puits et galeries est dirigée N. 65° E., parallèlement aux bancs de trapp, mais les coupe dans la profondeur sous un angle variable toujours très-faible. Elle contient beaucoup plus d'épidote que les veines du nord de Minnesota, et les mineurs du pays la considèrent comme une veine différente appartenant au même faisceau et située plus au nord. Je ne suis pas éloigné de partager cette opinion, qui donne aux deux mines une très-grande importance. Toutes les deux doivent contenir au moins trois veines reconnues d'une grande richesse.

A Rockland, la puissance de la veine est assez variable; elle se présente en plusieurs points divisée en de nombreuses veinules séparées par des couches minces de trapp compacte. Les renflements contiennent beaucoup de calcaire spathique et d'épidote, des masses de cuivre de grandes dimensions. Les veinules présentent aussi des masses de cuivre ou des feuillets qui occupent parfois tout l'intervalle compris entre les épontes.

Dans la presque totalité de la partie explorée jusqu'à présent, la gangue est imprégnée de cuivre natif et fournira de la matière à bocarder d'une teneur en cuivre assez grande.

Les installations de surface ne sont pas considéra-

bles, sauf l'atelier de préparation mécanique qui a dû commencer à fonctionner en 1856.

La mine a été ouverte avec des dépenses très-faibles; on espère la développer avec les ressources produites par la vente du cuivre. Au mois de mai 1856, les actionnaires n'avaient encore versé que 212.000 francs, et on ne pense pas qu'un nouvel appel de fonds devienne nécessaire. La production de 1855 s'est élevée à 72 tonnes de cuivre pur (110 tonnes de produits expédiés). On espère au moins la doubler en 1856.

Minnesota.

Les travaux exécutés à Minnesota depuis mon voyage de 1854 ont fait connaître des richesses nouvelles et permis d'augmenter beaucoup la production. La veine du nord se montre toujours riche en masses de cuivre; la veine du sud, explorée sur une plus grande longueur, contient beaucoup moins d'argent natif que je n'en avais vu dans mon premier voyage, mais elle produit plus de cuivre qu'on ne l'espérait dans le principe; de plus, les deux veines sont réunies par plusieurs veinules transversales, contenant aussi des masses de cuivre de grandes dimensions.

On n'a pas encore mis en exploitation la troisième veine connue à une certaine distance vers le nord, la même très-probablement qu'on exploite à Rockland.

Les veines de Minnesota produisent très-peu de matières à bocarder; le cuivre se trouve rassemblé en masses de toutes dimensions et ne se présente que très-rarement disséminé en petits grains dans la gangue.

Elles paraissent devenir plus riches en profondeur, ou du moins les résultats obtenus en 1855 ont donné une augmentation de 25 p. 100 sur l'année précédente pour le rendement de la roche abattue; on a calculé 112 kilogrammes de cuivre expédié par mètre quarré de surface latérale enlevé dans la mine sur toute l'é-

paisseur de chaque veine. Le rendement en lingots du cuivre expédié est d'environ 71 p. 100; par suite la richesse moyenne des veines de Minnesota, en 1855, a été d'environ 80 kilogrammes de cuivre pur par mètre quarré.

Je suis en mesure de donner au sujet de cette mine quelques détails intéressants, tirés du rapport fait par les directeurs au mois de mai 1856. Minnesota étant la seule mine productive en pleine exploitation dans le comté d'Ontonagon, l'exemple de ses dépenses et de sa production montrera les résultats qu'on peut obtenir, au lac Supérieur, dans les conditions les plus favorables, conditions qu'une compagnie étrangère ne pourra jamais réaliser. Je dois ajouter que parmi les nombreuses compagnies américaines qui se sont constituées pour l'exploitation des mines de cuivre au lac Supérieur, Minnesota et Cliff sont les deux seules qui ont obtenu une réussite complète, grâce à un ensemble de circonstances tout à fait exceptionnelles. Rockland et Central sont probablement appelées également à un bel avenir; un très-petit nombre d'autres compagnies possèdent des gisements un peu riches, mais pour lesquels on ne peut pas encore annoncer la réussite probable.

La société a été fondée avec un faible capital, divisé en trois mille actions; depuis le 13 juin 1855, le nombre des actions a été porté à vingt mille, chacune de 50 dollars; mais il n'a été payé que 3 dollars et 30 cents par action, soit pour la somme totale versée par les actionnaires 340.000 francs. Dans les premières années, le cuivre extrait a produit l'argent nécessaire pour développer les travaux. et maintenant encore on prélève chaque année sur les bénéfices une somme très importante pour l'appliquer aux travaux d'installation, d'avenir, etc.

Les dividendes donnés aux actionnaires ont été :

Année 1852	30.000 doll.	(159.000 fr.)
Année 1853	60.000 doll.	(318.000 fr.)
Année 1854	90.000 doll.	(477.000 fr.)
Année 1855	300.000 doll.	(1.068.000 fr.)

Sur les bénéfices de 1855 on a prélevé 69.000 dollars; par suite le bénéfice total de l'année a été 269.000 dollars, soit 1.425.000 francs, ce qui place la mine de Minnesota bien au-dessus de celle de Cliff. Le résultat est d'autant plus beau que, d'après la marche constamment suivie par les directeurs, en raison de la richesse soutenue des veines, la production doit encore croître assez rapidement.

Les veines sont travaillées par sept puits, à cinq niveaux différents; le sixième niveau a été commencé en 1856, dans la veine du nord, et par un seul puits. Les travaux ne sont par suite qu'à une faible profondeur, 120 mètres au plus. Les galeries d'allongement ou les niveaux ont des longueurs décroissantes; le n° 1 a 550 mètres, le n° 5 145 mètres. L'abatage en gradins en 1855 a porté sur 1.760 mètres quarrés de surface latérale des veines. Ces nombres suffisent pour démontrer que l'exploitation est conduite avec une grande prudence et en vue de l'avenir.

On a conduit au quai d'Ontonagon près de 1.434 tonnes, en masses de cuivre, barrelwork et produits de la préparation mécanique, qui forment seulement le tiers de la production totale. On n'a pu embarquer que 1.1173t,50; les tempêtes qui ont régné presque constamment à la fin de la saison ont empêché de conduire le reste à la fonderie. Le rendement en lingots a été de 71 p. 100, rendement très-élevé qui s'explique par la forte proportion des masses de cuivre.

Les dépenses de toute nature ont été comme suit :

Travaux dans les mines.	548.285 fr.
Travaux à la surface	457.549
	1.005.834

Ces dépenses sont relatives aux 1.434 tonnes extraites et transportées au port d'Ontonagon. Il faut en tenir compte séparément, comme frais spéciaux à la mine, parce que les autres dépenses n'ont porté que sur les 1.173^t,50 transportées à la fonderie.

Les frais spéciaux à la mine ont été de 701^f,40 par tonne; le rendement en lingots étant d'environ 71 p. 100, la tonne de cuivre pur a coûté, pour frais spéciaux à la mine seulement, 987^f,88.

Les autres dépenses, relatives aux 1.173^t.50, ont été :

	fr.
Transports divers.	187.592,45
Fusion.	121.743,65
Commissions, intérêts.	81.747,20
Assurances.	38.684.75
Frais généraux.	50.143,30
Office à New-York.	3.196,00
	483.107,35

Ces dépenses réparties sur les 1.173^t,50 transportées à la fonderie, font par tonne 411^f,68, soit par tonne de cuivre en lingots 580 francs.

Le prix de revient du cuivre en lingots a donc été, tous frais compris, 1.567^f,88 par tonne. Il est certain que le prix de revient aurait dû être moins élevé, puisque les frais généraux auraient été répartis sur une plus grande quantité de cuivre, si les tempêtes de l'automne n'avaient pas empêché l'embarquement du cuivre amené au port vers la fin de la saison.

Cependant je dois faire quelques observations à cet égard; les frais spéciaux sont incomparablement plus

élevés que les frais généraux, et par conséquent la diminution de ces derniers n'aurait pas influé d'une manière très-notable sur le prix de revient du cuivre.

Les circonstances qui se sont présentées en 1855, des tempêtes vers les mois d'octobre et de novembre, ne sont pas exceptionnelles; les entreprises de mines du lac Supérieur doivent s'attendre à ne pas pouvoir expédier à la fonderie la totalité des cuivres extraits.

Je n'ai d'ailleurs cité les nombres relatifs à Minnesota que pour prouver par l'exemple de cette mine, dont les travaux sont conduits avec la plus stricte économie, que les dépenses nécessitées par l'extraction, les transports, la fusion, etc., sont encore fort élevées, même dans les conditions exceptionnellement favorables, dans lesquelles cette mine est exploitée.

En 1856 la production a été beaucoup plus forte qu'en 1855; on a pu envoyer au port d'Ontonagon de 150 à 160 tonnes de cuivre brut par mois, et on n'espère pas moins de 1.900 tonnes, soit 1.335 tonnes de cuivre pur pour l'année entière. Les dépenses ont été proportionnellement moindres, et le prix de revient n'aura probablement pas dépassé 1.450 francs par tonne de cuivre en lingots.

La mine de Minnesota, les travaux à la surface et les transports occupent plus de 600 personnes, parmi lesquelles on compte de 180 à 200 mineurs. Le village qui entoure les établissements commence à prendre une grande importance.

La mine *National* est située à l'ouest de Minnesota, entre cette dernière et la rivière d'Ontonagon. Elle possède certainement la continuation des veines de Minnesota, et par suite devrait être déjà dans une situation favorable. Elle a malheureusement un procès National.

engagé avec Minnesota (1) au sujet d'une assez grande étendue de terrain (plus de 300 mètres dans le sens de la direction des veines), et la compagnie n'a pas poussé avec activité ses travaux d'exploitation. On a commencé quelques galeries d'écoulement et de recherches, et constaté la richesse en cuivre sans exploiter sérieusement.

Les actionnaires ont versé plus de 500.000 francs, et la production n'a pas atteint 20 tonnes de cuivre pur en 1855.

Forest. La propriété de Forest est située sur la rive gauche de la rivière d'Ontonagon, à l'ouest de la grande faille qui a dérangé l'alignement des chaînes de montagnes, des bancs de trapp et des gisements de cuivre; des travaux considérables ont été faits dans une veine assez pauvre, remarquable par la forte proportion d'épidote qu'elle renferme; on n'a trouvé que du cuivre natif disséminé en petits grains dans la gangue; aucune masse de cuivre un peu importante n'a récompensé la persévérance et l'habileté du directeur. Il a fallu suspendre les travaux en 1856, après avoir dépensé dans la mine et pour les installations à la surface plus de 1.500.000 francs, versés par les actionnaires, ainsi que l'argent produit par la vente du cuivre extrait. La production annuelle n'a jamais dépassé 80 tonnes de cuivre pur.

Le filon est dirigé N. 63° E. : il plonge vers le nord sous un angle de 60°, tantôt coupant les bancs de trapp, tantôt les suivant sur une certaine profondeur. Le mur est amygdaloïde et le toit de trapp presque com-

(1) Le procès présente la particularité que l'une des deux compagnies prouve avoir acheté le terrain du gouvernement de Washington, tandis que l'autre a les titres de propriété émanant de l'État de Michigan.

pacte. Les caractères de la roche aussi bien que ceux de la gangue et du mode de dissémination du cuivre, démontrent que le filon de Forest n'est pas sur le prolongement des veines de Minnesota. Il appartient à la chaîne du sud, bien que l'opinion contraire soit soutenue par les ingénieurs attachés à la mine. Plusieurs veines latérales ont été reconnues; on ne les a pas explorées, parce que aucune d'elles n'a paru avoir quelque importance. Cependant vers l'extrémité occidentale des travaux, la jonction d'une veine latérale avec la veine principale, paraît répondre à un notable enrichissement.

Le directeur de Forest a fait tout ce qu'il était possible d'entreprendre pour organiser une exploitation économique. Il n'a pas réussi, et ne pouvait pas réussir; les filons d'une richesse exceptionnelle en cuivre peuvent seuls être exploités avec bénéfice dans les circonstances actuelles.

La mine Ohio and Trapp-Rock est située à plusieurs kilomètres à l'ouest de la rivière d'Ontonagon, dans une des parties les plus sauvages et les plus bouleversées de la contrée. La compagnie a dû éprouver plusieurs fois des embarras pécuniaires, car les installations à la surface sont dans un état peu satisfaisant, et les travaux dans la mine sont très-peu développés. A l'époque de ma visite, en 1855, on venait de reprendre l'exploitation après une interruption dont je ne peux préciser la durée; les travaux ont été de nouveau suspendus en 1856, et probablement ne seront pas repris de sitôt.

Ohio and Trapp-Rock.

Le filon est dirigé comme ceux de Minnesota, parallèlement aux bancs de trapp en direction, et les coupe en profondeur sous un angle très-aigu. Il est peu puissant, il n'a pas plus de 1 mètre dans les renflements. On l'a exploré à cinq niveaux différents, le dernier de-

vant servir de galerie d'écoulement, et déboucher dans une vallée assez éloignée des puits.

Ces travaux ont constaté que le filon ne contient pas de masses de cuivre de grandes dimensions; on n'a trouvé que de très-petites masses et du cuivre en petits grains disséminés dans la gangue.

L'atelier de préparation mécanique, établi au milieu d'un marais, a déjà fonctionné pendant un temps assez long pour qu'on puisse apprécier les résultats de l'entreprise. La matière bocardée n'a pas rendue plus de 1 1/2 p. 100 de cuivre brut, rendement bien trop faible pour qu'on puisse espérer des bénéfices.

Les actionnaires ont dû dépenser des sommes importantes, dont ils ne pourront probablement jamais retirer le plus faible intérêt.

Norwich. La mine de Norwich est située à moins de 1 kilomètre au sud de la précédente, auprès de la limite des trapps et des grès. Le trapp forme une montagne élevée dont la pente vers le sud est très-roide. Les établissements ont été construits dans une large vallée, qui s'étend à une grande distance au sud. La nature du terrain ne peut être constatée à cause des alluvions qui s'avancent jusqu'au pied de la chaîne des montagnes.

Le filon affleure sur le sommet de la montagne; il est dirigé parallèlement aux bancs de trapp, E. 10° N., et plonge vers le nord sous un angle de 62°. Il paraît être divisé en plusieurs veinules, intercalées entre les couches du terrain, et réunies par des filets en veinules presque imperceptibles; celle qu'on peut nommer la veine principale, présente une grande régularité, une puissance assez faible, qui ne dépasse pas 1 mètre dans les renflements; la gangue est formée d'épidote, de quartz, de calcaire spathique et de chlorite; elle renferme du cuivre en petits grains et des masses de cuivre

de faibles dimensions. La plus forte a donné 3 tonnes de cuivre, et sa découverte (1855) a rendu le courage aux actionnaires qui commençaient à désespérer de l'avenir (1). Les travaux dans la mine sont assez développés, les installations à la surface sont à peu près complètes, et on pourra sans nouveaux sacrifices savoir prochainement si l'entreprise peut être profitable.

La gangue du filon n'a pas rendu plus de 2 p. 100 de cuivre brut à la préparation mécanique, c'est-à-dire 1 1/2 p. 100 de cuivre pur. Les masses de cuivre sont rares et trop peu importantes pour récompenser la pauvreté générale des mines. La question de vie ou de mort pour la mine de Norwich, est de savoir si on trouvera des grandes masses de cuivre.

Les actionnaires ont versé plus de 950.000 francs, et la production de 1855 ne s'élève qu'à 130 tonnes de cuivre en lingots.

Windsor.

La mine de Windsor est contiguë à celle de Norwich, et possède la continuation du même filon. Les travaux, abandonnés en 1854, ont été repris en 1855 sur l'annonce de la découverte de grandes masses de cuivre à Norwich; mais ils ont dû être arrêtés de nouveau en 1856, soit par suite de la crise financière, soit en raison de la pauvreté des gisements. Les sommes dépensées à Windsor sont du reste de beaucoup inférieures à celles de la mine voisine, et les veines ne sont pas suffisamment explorées.

Production de l'Ontonagon.

Le district d'Ontonagon a produit en 1855, d'après M. Hill, 2.190 tonnes de cuivre brut, soit environ 1.420 tonnes de cuivre en lingots. En 1856, la produc-

(1) Cette découverte a déterminé la reprise des travaux dans les mines voisines, Windsor, Ohio et Trapp-Rock, abandonnées toutes les deux. La reprise n'a pas été de longue durée.

tion s'élèvera jusqu'à 2,800 tonnes de cuivre brut, soit 1.820 tonnes de cuivre pur.

Production totale.

En résumé, pendant les deux années 1855 et 1856, les mines de cuivre explorées ou exploitées dans les trois districts ont produit, cuivre en lingots :

	1855.	1856.
Pointe de Keweenaw.	1.300 tonnes.	1.450 tonnes.
Portage.	230	320
Ontonagon.	1.420	1.820
Production totale. .	2.950	3.590

Ces chiffres constatent une augmentation très-rapide dans la production; les travaux entrepris dans les trois districts font prévoir que l'accroissement n'est pas près de s'arrêter.

§ IV. — *Des mines de fer.*

Les immenses dépôts de minerais de fer qui existent à l'ouest de Marquette dans les schistes métamorphiques sont exploités depuis longtemps; cependant les travaux n'ont pris de l'activité que depuis le printemps 1855. A la fin de la saison le port de Marquette avait acquis une grande importance, un chemin de fer était construit jusqu'aux mines principales, et les usines se multipliaient avec une rapidité surprenante.

Les minerais sont exportés en certaine quantité ou traités sur place dans les bas foyers. Il est probable que dans peu de temps on établira près de Marquette des hauts fourneaux, des forges et des aciéries, et alors les ressources précieuses de la contrée pourront être convenablement utilisées.

En 1855, la valeur des minerais de fer et du fer en

barres exportés, a été de 662.000 francs; je ne connais pas les chiffres relatifs à 1856, mais ils doivent être bien plus forts, car dès la fin de 1855, les usines de Marquette étaient en mesure de produire 10 à 12 tonnes de fer en barres par jour.

Pour donner une idée de la richesse des minerais exploités, je citerai les résultats des analyses de plusieurs échantillons qui m'ont été envoyés par M. Bar.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Gangue.	15,0	26.0	38,5	11,0	11,0	1,5	4,5	6,5	21,5	43,0	43,0	23,0	2,0
Alumine.	2,0	2,5	2,5	1,5	3,5	2,5	1,5	2,0	6,5	1,5	1,5	2,5	2,5
Chaux.	0,8	1,0	0,8	2,0	2,5	1.7	1,0	0,2	0.5	2,5	1.0	0,5	»
Fer métallique. . .	58,0	49,0	40,0	59.0	58,0	66.0	67,0	64,0	50,0	33.5	38,5	51,5	67.0
Oxygène combiné.	24,0	21,0	17,3	25,0	24,5	28,0	26,0	27,0	21,0	14,5	16,2	22.0	28,3
Eau.	»	»	»	1,1	»	»	»	»	»	4,6	»	»	»
	99,2	99,5	99,1	99.6	99,5	99,7	100,0	99,7	99.5	99,6	100,2	99,5	99,8

La gangue est un mélange de quartz et de silicate de fer, d'alumine et de chaux.

Presque tous ces échantillons contiennent le fer à l'état de peroxyde anhydre (fer oligiste); trois d'entre eux, (1), (7), (8), renferment une faible proportion de fer oxydulé; un seul, (10) contient une notable quantité de fer oxydé hydraté.

Aucun d'eux ne contient de soufre, de phosphore, d'arsenic, en traces appréciables; par suite le traitement de ces minerais donnera des fers très-purs, pourvu qu'on évite dans le traitement métallurgique les circonstances dans lesquelles la silice est partiellement réduite.

Tous les fers expédiés jusqu'à présent de Marquette, fabriqués aux bas foyers, ont été reconnus d'une pureté parfaite.

Je n'ai pu m'arrêter à Marquette que pendant un temps insuffisant pour étudier les gisements et les

usines ; je dois donc renvoyer les personnes que cette question peut intéresser aux publications faites par divers ingénieurs américains, notamment à la seconde partie du rapport de MM. Foster et Whithney (1851).

EXTRAITS DE CHIMIE

(TRAVAUX DE 1856).

Par M. E. RIVOT, ingénieur des mines, professeur de docimasie
à l'École des mines.

Quel est le rôle des nitrates dans l'économie des plantes. — De quelques procédés nouveaux pour doser l'azote des nitrates en présence des matières organiques; par M. G. VILLE.

Annales de chimie et de physique, t. XLVI, p. 314.

Le rôle des nitrates dans la végétation n'est pas encore bien connu : plusieurs chimistes ont démontré l'influence très-utile des nitrates alcalins sur la croissance de diverses espèces végétales, mais on ne sait pas si les sels agissent par l'azote de l'acide ou par les bases elles-mêmes.

M. Kuhlmann attribue aux nitrates un rôle considérable en admettant que sous l'influence des matières organiques l'acide des nitrates est transformé en ammoniaque : une partie seulement est absorbée par les racines des plantes et directement utilisée par la végétation ; l'autre partie est amenée à la surface du sol, et de là passe dans l'atmosphère, dans laquelle a lieu la transformation de l'ammoniaque en acide nitrique.

D'un autre côté il est maintenant bien démontré que l'acide azotique existe dans les eaux de pluies, dans celles des rivières, etc. ; la présence du même acide est également constatée dans un certain nombre de végétaux, notamment dans les betteraves, la bourrache, le tabac, etc.

Avant d'entreprendre les diverses séries d'expériences destinées à éclaircir le rôle des nitrates dans la végétation, M. G. Ville a cherché une méthode en même temps rapide et très-exacte pour le dosage de l'azote existant à l'état d'acide azotique dans les matières organiques.

M. Pelouze a depuis longtemps indiqué une méthode de dosage de l'acide azotique, fondée sur la décomposition de cet acide par le protochlorure de fer, en présence de l'acide hydrochlorique. En employant une liqueur titrée de protochlorure de fer, on peut, après avoir fait agir la substance contenant l'acide

azotique, évaluer par l'hypermanganate de potasse la différence de titre, et par suite calculer la proportion d'acide azotique contenu dans la matière proposée.

Cette méthode ne peut être employée en présence des substances organiques, et ne peut servir que dans un certain nombre de cas spéciaux.

M. Schlœsing a proposé une modification importante qui rend la méthode de M. Pelouze applicable à tous les cas; mais les opérations sont trop longues pour qu'on puisse employer ce procédé dans un travail de recherches sur la végétation.

M. G. Ville propose la méthode suivante qui lui a donné de très-bons résultats toutes les fois qu'il s'est agi de doser de très-faibles quantités de nitrates.

En faisant agir le protochlorure de fer sur les nitrates, on obtient la décomposition complète de l'acide azotique et l'azote se dégage à l'état de bioxyde d'azote, en faisant rendre ce gaz en même temps que de l'hydrogène dans un tube contenant de la mousse de platine, on détermine sa transformation complète en ammoniaque. On reçoit l'ammoniaque dans un poids connu d'acide sulfurique titré préalablement, et on évalue par la méthode de M. Péligot la diminution de titre de l'acide.

L'éponge de fer et le coke calciné produisent la même réaction que la mousse de platine et peuvent donner de bons résultats.

L'hydrogène sulfuré, en présence de la chaux sodée, transforme encore plus complétement le bioxyde d'azote en ammoniaque.

Description des appareils. — La matière contenant le nitrate, le protochlorure de fer et l'acide hydrochlorique sont placés dans un ballon de 250 centimètres de capacité, dans lequel on fait arriver le courant d'hydrogène. Ce gaz est préparé dans un appareil analogue à celui de Dobereiner. En sortant du premier ballon les gaz passent dans un flacon en verre contenant une dissolution de potasse, et ensuite dans un tube de verre horizontal de même dimension que les tubes ordinaires à combustion, et dans lequel se trouve de la chaux sodée comprise entre deux tampons d'asbeste, et de la mousse de platine. Le tube à réaction est effilé à une extrémité et mis en communication avec les boules contenant l'acide sulfurique titré.

La potasse du flacon laveur et la chaux sodée du tube à réac-

tion ont pour but d'arrêter l'eau et l'acide hydrochlorique que les gaz entraînent toujours en assez forte proportion.

Si l'on veut employer les réactions de l'hydrogène sulfuré sur le bioxyde d'azote, il faut ajouter aux appareils précédents celui qui est nécessaire pour produire et amener le gaz hydrogène sulfuré dans le tube à réaction : dans ce tube l'éponge de platine est remplacée par de la chaux sodée.

M. G. Ville termine la première partie de son mémoire en citant les résultats obtenus dans un certain nombre d'expériences de vérification ; il en résulte que son procédé de dosage peut donner une très-grande exactitude, surtout quand les nitrates sont en très-faibles quantités.

Dans la seconde partie de son mémoire, publiée dans les *Annales de chimie et de physique* (février 1857), M. G. Ville rend compte des expériences nombreuses qu'il a faites dans le but d'étudier l'influence des nitrates sur la végétation. Les conclusions sont les suivantes :

1° Au moyen du nitre on peut prouver, sans le secours d'aucun appareil, que les plantes absorbent et s'assimilent l'azote gazeux de l'atmosphère ;

2° Le nitre agit par son azote, il est absorbé à l'état de nitre ;

3° A égalité d'azote, le nitre agit plus que les sels ammoniacaux.

Dans la troisième partie de son mémoire, l'auteur cherche à démontrer par plusieurs expériences comment la nature des produits qui se forment dans la décomposition des fumiers prouve que les plantes absorbent l'azote gazeux de l'atmosphère. Les conclusions de la troisième partie sont les suivantes :

1° Tout corps de nature organique en voie de décomposition perd une partie de son azote à l'état d'ammoniaque et à l'état d'azote gazeux ;

2° La végétation ne trouble pas la marche de cette décomposition ;

3° Les plantes cultivées dans un sol fumé absorbent plus d'azote que le fumier ne produit d'ammoniaque ;

4° L'excédant d'azote accusé par les récoltes a été absorbé à l'état d'azote gazeux.

Dans une quatrième partie de son mémoire, M. G. Ville revient sur ses premières expériences et fait ressortir de la

discussion des résultats obtenus la vérification de ses propositions primitives.

Mémoire sur un nouveau procédé d'extraction du sucre de tous les végétaux; par M. E.-J. MAUMENÉ.

Mémoire présenté à l'Académie des sciences le 23 mars 1856, inséré dans les *Annales de physique et de chimie*, t. XLVIII, p. 23.

L'auteur signale dans son mémoire l'imperfection des procédés actuels d'extraction du sucre de la betterave et de la canne : on retire au plus la moitié du sucre contenu dans la betterave et le tiers de celui que renferme la canne à sucre. La cause principale de la perte est l'altération lente qu'éprouve le sucre dans l'eau froide : il se transforme en sucre incristallisable. On peut le démontrer aisément par l'action de la chaux, qui noircit le sucre interverti à une température peu élevée, 40 à 45 degrés, tandis qu'elle ne produit pas le même effet sur le sucre cristallisable. La coloration noire que donne la chaux peut servir à prouver que, pendant la conservation des betteraves, une partie notable du sucre cristallisable est transformée en sucre incristallisable.

M. Dubrunfaut et ensuite M. Maumené ont indiqué l'emploi de la chaux pour empêcher cette altération. Le jus de betteraves préparé de suite après la récolte, mélangé avec 5 p. 100 de chaux, se conserve parfaitement. Quand on veut ensuite procéder à la défécation, on commence par saturer à peu près la chaux par l'acide carbonique et on suit la méthode ordinaire; on trouve même le grand avantage de ne pas avoir besoin de noir animal pour la décoloration.

Notice sur un procédé perfectionné de fabrication de la soude et de l'acide sulfurique; par M. E. KUPP.

Annales de chimie et de physique, 2e série, t. XLVIII, p. 81.

L'auteur commence par signaler plusieurs inconvénients dans le procédé Leblanc pour la fabrication de la soude, procédé encore suivi dans les principales usines :

1° La méthode Leblanc perd complétement le soufre du sulfate de soude;

2° Elle donne naissance à un composé infect et nuisible;

3° Elle exige une grande habileté de la part des ouvriers.

Le nouveau procédé évite tous ses inconvénients, et les bons résultats qu'il donne sont constatés par la pratique ; il est employé depuis un an dans la fabrique de MM. Blythe et Benson, à Church, près de Manchester.

Les opérations principales du procédé sont les suivantes :

1° *Calcination.* — Le sulfate de soude est mélangé avec une certaine proportion d'oxyde de fer et de charbon, et le mélange est calciné au rouge, jusqu'à fusion bien tranquille, dans un four analogue à ceux qui servent à la fabrication de la soude brute ; la matière fondue est coulée dans des wagons en fer, dans lesquels on les laisse se refroidir. Cette opération a pour but de décomposer le sulfate de soude pour produire du sulfure de fer et du carbonate de soude. Les proportions qu'il convient d'employer sont assez variables avec la pureté des matières mises en œuvre. Les proportions les plus convenables pour des matériaux assez purs sont :

Sulfate de soude.	125 kil.
Peroxyde de fer.	80
Charbon.	55

Le produit de la première opération est noirâtre et d'une texture poreuse ; il contient toujours une certaine quantité de sulfure de sodium quand on a employé une trop forte proportion de charbon.

2° *Délitation.* — Les blocs obtenus sont abandonnés pendant un certain temps à l'air humide et chargé d'acide carbonique, dans un atelier disposé de manière à ce que la température ne puisse pas s'élever.

La délitation progresse assez rapidement de la surface sur le centre, et les parties délitées sont enlevées pour être soumises aux opérations suivantes. L'expérience a démontré la nécessité de cette délitation ; elle paraît avoir l'avantage de bien diviser les matières fondues et d'achever la transformation de la soude en carbonate. L'acide carbonique doit être en proportion assez grande pour empêcher à peu près complétement le contact de l'air.

3° *Lixiviation.* — La matière délitée est soumise à la lixiviation par les procédés ordinaires ; elle réussit très-bien à l'eau tiède : la dissolution donne par cristallisation du carbonate de soude très-pur ; les eaux mères donnent encore des cristaux suffisamment purs pour être livrés au commerce.

4° *Utilisation des résidus.* — La partie insoluble dans l'eau est principalement composée de sulfure de fer ; on le sèche lentement et à peu près complétement, puis on le grille dans un réverbère ou dans des moufles. L'acide sulfureux est conduit dans des chambres de plomb et sert à la fabrication de l'acide sulfurique. Le résidu peut être parfaitement employé comme oxyde de fer pour la décomposition du sulfate de soude.

Ainsi on utilise autant que possible toutes les matières premières ; l'oxyde de fer seul devient trop impur au bout d'un certain temps et doit être renouvelé.

Sur la décomposition des sels insolubles par les dissolutions des sels solubles (suite); par M. H. Rose.

Annales de Poggendorf, t. XCV, p. 284.

Décomposition du sulfate de strontiane par les carbonates alcalins. — La faible solubilité du sulfate de strontiane est suffisante pour qu'il se comporte avec les carbonates alcalins tout différemment que le sulfate de baryte. Il est lentement, mais complétement décomposé, même à la température ordinaire, pourvu qu'il soit en poudre très-fine et qu'on agite fréquemment. Les bicarbonates alcalins peuvent également produire la décomposition complète ; il en est de même du carbonate d'ammoniaque. La présence des sulfates alcalins ne s'oppose pas à ces réactions.

On peut expliquer ces faits par la solubilité du sulfate de strontiane et l'insolubilité du carbonate de la même base : ce dernier sel n'est pas décomposé par les sulfates alcalins, à la température de l'ébullition aussi bien qu'à froid. Le sulfate d'ammoniaque ne décompose pas à froid le carbonate de strontiane, mais à l'aide de la chaleur on peut déterminer la double décomposition des deux sels, le carbonate d'ammonique se volatilise, il reste dans la fiole le sulfate de strontiane.

Par voie sèche le sulfate de strontiane paraît très-facilement décomposé par les carbonates alcalins ; dans une expérience on a fait fondre ensemble équivalents égaux de sulfate de strontiane et de carbonate de soude ; en reprenant par l'eau on a obtenu un résidu de carbonate de strontiane ne renfermant qu'une très faible proportion de sulfate.

Séparation de la baryte et de la strontiane. — Les méthodes indiquées jusqu'à présent pour la séparation des deux bases ne

donnent pas de bons résultats; par l'acide hydrofluosilicique on ne précipite bien complétement la baryte qu'en présence de l'alcool, ce qui est fort incommode pour les opérations ultérieures. Les deux chlorures ne possèdent, en présence de l'alcool, que des différences de solubilité trop faibles pour qu'on puisse arriver à les séparer.

D'après les expériences de M. Weber on pourrait résoudre assez simplement la question. Les deux sulfates de baryte et de strontiane sont mis en digestion, pendant plusieurs jours et à froid, dans une dissolution un peu concentrée de carbonate de soude, contenant au moins quatre parties de carbonate alcalin pour une partie de sulfate. On lave à l'eau froide et on traite par l'acide hydrochlorique étendu, lequel dissout la strontiane, dont le sulfate a été complétement transformé en carbonate. Le sulfate de baryte reste insoluble et bien pur.

On peut encore obtenir le même résultat en opérant à la température de l'ébullition, mais alors il faut employer un mélange de sulfate et de carbonate de potasse, dans la proportion d'une partie de sulfate de potasse pour trois parties de carbonate de potasse.

Le sulfate alcalin prévient la décomposition du sulfate de baryte et n'empêche pas celle du sulfate de strontiane. On termine l'opération en lavant à l'eau froide et dissolvant la strontiane par l'acide hydrochlorique étendu.

Avec le carbonate d'ammoniaque, à froid, on peut encore arriver à la séparation des deux bases, mais elle exige beaucoup plus de temps.

Décomposition du sulfate de chaux par les carbonates alcalins. — La décomposition du sulfate de chaux par les carbonates alcalins, à froid comme à chaud, est bien plus rapide que celle du sulfate de strontiane, en raison de la plus grande solubilité du sulfate de chaux.

Le carbonate d'ammoniaque agit aussi très-rapidement à la température ordinaire. Les sulfates alcalins n'empêchent pas ces décompositions: ils sont tout à fait sans action sur le carbonate de chaux.

Séparation de la baryte et de la chaux. — Cette séparation, difficile par les méthodes indiquées jusqu'à présent, réussit très-bien par les dissolutions de carbonate alcalins employées à froid; à l'ébullition il faut encore se servir d'un mélange de carbonate et de sulfate alcalin.

M. H. Rose fait remarquer que le carbonate de potasse réussit mieux que le carbonate de soude, ce dernier attaquant toujours un peu le sulfate de baryte, même à froid.

Les actions des sulfates alcalins sur les carbonates de baryte, de strontiane et de chaux, ne sont pas tout à fait les mêmes quand ces carbonates sont seuls et quand ils sont mélangés. Ainsi, en présence du carbonate de chaux, le carbonate de baryte n'est pas complétement transformé en sulfate par les sulfates alcalins, même après plusieurs semaines de digestion. On peut expliquer ce fait par l'affinité du carbonate de baryte pour le carbonate de chaux, affinité bien plus grande qu'on ne le croit généralement. On peut citer comme preuve de cette affinité les expériences de M. Debus : une dissolution, contenant en même temps chaux et baryte, étant traitée par une quantité insuffisante d'acide carbonique, on obtient la précipitation d'une partie des deux bases à l'état de carbonates ; il reste en dissolution de la chaux et de la baryte en proportions variables avec les conditions de l'expérience.

Les réactions précédemment indiquées ne conduiront à aucun procédé nouveau pour la séparation de la chaux et de la strontiane. M. H. Rose conseille de précipiter la strontiane par une dissolution de sulfate de chaux.

Note sur l'examen des farines et des pains, par M. Rivot.

Annales de chimie et de physique, 3e série, t. XLVII.

Les prix élevés atteints par les farines, après deux années consécutives de récoltes insuffisantes, ont déterminé l'importation de quantités assez considérables de blé et de farines, venant des pays étrangers et notamment d'Amérique.

L'administration de l'agriculture et du commerce a soumis ces importations à des expériences suivies, afin de constater leur qualité et de n'admettre en France que celles reconnues convenables sous tous les rapports. En même temps de nombreuses expériences ont été faites par ordre de Sa Majesté au sujet de plusieurs procédés nouveaux de panification, proposés par différentes personnes, qui toutes avaient pour but de livrer le pain à un prix plus modéré.

Chargé par son Excellence M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, de l'examen d'un grand

nombre de farines et de pains, j'ai cherché à résoudre les questions qui m'étaient posées principalement au point de vue pratique.

L'analyse chimique est impuissante à constater elle seule la qualité d'une farine, ou d'un pain, car les mélanges divers qui ont pu être faits dans les farines, leur état physique, exercent sur la qualité des pains une influence beaucoup plus grande que leur composition chimique prise en valeur absolue.

La chimie doit donc appeler à son aide les autres sciences naturelles et principalement la physique, dont les puissants appareils d'observation ont reçu dans ces dernières années des perfectionnements si importants.

La nature des corps différents qui se présentent dans les farines, l'état physique des grains d'amidon, du gluten et des autres matières azotées, leurs modifications sous l'influence de la chaleur, de l'eau et des agents chimiques, sont décrits avec soin dans plusieurs ouvrages de science justement estimés.

Je n'ai rien à présenter de nouveau sur ce sujet; dans ce Mémoire, je n'ai l'intention de considérer que la partie pratique de la question, et d'exposer de quelle manière j'ai cru devoir examiner les nombreux échantillons de pains et de farines que l'administration m'a envoyés depuis plus d'un an. J'appellerai examen pratique des pains et farines l'ensemble des opérations, plutôt physiques que chimiques, par lesquelles on peut reconnaître assez rapidement la qualité d'un pain, ou la valeur commerciale d'une farine au point de vue de la fabrication du pain.

Dans les farines, j'ai cherché à constater : la qualité et l'état de conservation du froment; le soin avec lequel le son a été séparé; les mélanges de farines étrangères qui auraient pu être introduites, soit par fraude, soit par négligence, soit dans le but de masquer par un goût spécial et prononcé le mauvais état de la farine de froment.

Ces farines étrangères sont presque toujours en faible proportion, leur présence est difficile à constater, leur détermination quantitative serait impossible. La farine de froment est, dans la plupart des cas, en proportion très-dominante, et sa qualité influe principalement sur la valeur commerciale de la farine.

Dans les pains, j'ai observé : le degré de cuisson pour la mie et pour la croûte, l'odeur de la mie, le goût et la facile di-

gestion ; le mode de durcissement par dessiccation spontanée ; la proportion d'eau hygrométrique ; et de cendres dans les deux parties, mie et croûte ; la proportion de farine employée pour produire 100 parties de pain, variable avec un grand nombre de circonstances ; enfin, j'ai cherché à reconnaître la présence de farines différentes de celle de froment. Cette recherche est bien plus difficile dans les pains que dans la farine employée à leur fabrication, en raison de la déformation, au moins partielle, que les grains d'amidon subissent pendant la cuisson.

L'examen d'une farine ne peut être complet que si l'on connaît en même temps la qualité du pain qu'elle produit dans de bonnes conditions de fabrication ; les observations au microscope peuvent dans certains cas, notamment pour le mélange de seigle, laisser dans l'incertitude sur la présence d'une farine étrangère ou sur sa proportion plus ou moins notable : le goût du pain, ses propriétés physiques, peuvent presque toujours écarter cette incertitude.

De même aussi l'examen des pains ne peut être complet que si l'on connaît la farine employée et les conditions de sa fabrication.

Il faudrait donc toujours examiner en même temps et comparativement les pains et farines ; cela n'est pas toujours possible. Ainsi, quand un pain a été saisi chez un boulanger, il faut en faire l'examen sans connaître la farine employée à sa fabrication ; on manque, dans ce cas, d'un contrôle précieux des résultats obtenus. Il en est de même quand une farine doit être examinée sans qu'on puisse la soumettre à l'épreuve de la panification.

J'ai dû fréquemment opérer isolément sur les pains ou sur les farines, et presque toujours mes opérations m'ont laissé dans le doute sur plusieurs points importants : c'est donc convaincu par l'expérience que j'insiste sur la nécessité d'opérer en même temps sur les farines et sur les pains.

EXAMEN DES FARINES.

L'examen d'une farine exige les opérations suivantes:

1° Détermination de l'eau hydrométrique;

2° Préparation et dosage du gluten ;

3° Observation au microscope de la farine elle-même, et de l'amidon séparé dans la préparation du gluten ;

4° Dosage de l'azote et des matières minérales.

Je vais considérer successivement ces différentes opérations, en indiquant pour chacune d'elles son but et la manière dont elle peut être faite.

Eau hygrométrique. — La farine est une substance très-hygrométrique, difficile à dessécher exactement. Elle commence à se roussir en perdant de l'eau de sa substance organique, à une température peu supérieure à celle nécessaire pour lui enlever l'eau seulement hygrométrique. L'appareil le plus convenable pour obtenir la dessiccation parfaite est une étuve, dont on peut maintenir la température constante entre 115 et 120 degrés. On peut encore réussir sur un bain de sable; mais la dessiccation est bien plus difficile et demande une grande habitude dans la conduite du feu. La farine est alors placée dans une grande capsule de porcelaine, et doit être remuée très-fréquemment, afin que la température de la masse puisse être à peu près la même dans toutes les parties; sans cette précaution, la partie en contact avec la paroi de la capsule serait déjà décomposée et noircie avant que les parties supérieures fussent desséchées. Il est important de ne pas opérer sur plus de 50 grammes ; pour une quantité plus grande, on ne pourrait arriver à une dessiccation uniforme.

Dans l'étuve, au contraire, on peut dessécher également telle quantité de farine qu'on le juge nécessaire. L'étuve présente encore l'avantage que l'opération est terminée bien plus rapidement.

La disposition du laboratoire de l'École impériale des mines, spécialement construit en vue de l'analyse des substances minérales, ne m'a permis d'employer que le bain de sable; il ne m'a pas fallu moins de deux jours pour dessécher complétement les échantillons. Dans la dessiccation lente et longtemps prolongée, j'ai trouvé l'avantage de diminuer notablement la faculté hygrométrique de la farine desséchée, et de rendre peut-être négligeable l'absorption de l'eau de l'atmosphère pendant les pesées.

Du reste, qu'on opère dans une étuve ou sur un bain de sable, la dessiccation peut être considérée comme parfaite quand la farine, étant restée pendant au moins vingt-quatre heures à une température supérieure à 110 degrés, deux pesées successives, faites à un intervalle de plusieurs heures, accusent le même poids. L'aspect de la farine, quand on a opéré au

bain de sable, indique immédiatement si la température est devenue trop élevée; la farine doit être d'un blanc très-légèrement jaunâtre; une plus forte coloration dénote une décomposition partielle.

Dans le cas où la farine s'est très-peu colorée pendant la dessiccation, on peut admettre qu'il n'y a pas eu perte notable de substance organique; on ne doit pas en conclure qu'il n'y a pas eu décomposition partielle; le contraire me semble démontré par l'odeur particulière, toujours très-sensible, que dégage la farine à une température inférieure à 110 degrés. Je pense que cette perte peut être négligée, au moins jusqu'à ce que des expériences précises aient été faites sur ce sujet.

La proportion d'eau hygrométrique dans les farines est très-variable avec la nature et la provenance des céréales, avec les conditions de la mouture, de la séparation du *son* et de la conservation des farines.

La belle farine de froment, conservée pendant plusieurs jours dans une chambre sèche, à la température de 20 à 25 degrés, ne retient que de 9 à 10 pour 100 d'eau. Celle que vendent les boulangers de Paris contient de 16 à 17, quelquefois même 18 pour 100 d'eau.

Plusieurs farines de provenance étrangère, notamment certaines farines d'Amérique, n'en renferment que 13 à 14 pour 100; mais elles ne sont pas en bon état.

On peut admettre de 15 à 17 pour 100 d'eau en moyenne dans les bonnes farines de froment, moulues et conservées dans les conditions atmosphériques ordinaires. Quand on trouvera dans une farine proposée une proportion d'eau notablement moindre, on devra considérer ce fait comme une *indication* que la farine n'est peut-être pas dans son état normal.

J'appuie sur le mot *indication*, parce que cette moindre proportion d'eau peut dépendre de la nature du blé, et non pas de l'altération de la farine. Elle acquiert une plus grande valeur quand, la provenance de la farine étant connue, on sait par expérience que les farines de cette localité contiennent ordinairement une plus forte proportion d'eau hygrométrique.

Gluten. — La préparation du gluten par la méthode ordinaire, en malaxant la farine sous un filet d'eau, peut faire connaître très-nettement si la farine proposée est en fermentation : elle est par suite d'une très-grande importance, et

doit être toujours faite dans les mêmes conditions et, s'il est possible, par le même opérateur. On reconnaît aisément l'état de bonne ou mauvaise conservation de la farine, sa qualité pour la fabrication du pain, à la rapidité avec laquelle le gluten se rassemble, et à ses caractères physiques, quand il a été bien séparé de l'amidon.

Avec l'habitude de cette opération on peut classer les farines d'après leur qualité, aussi sûrement que les dégustateurs reconnaissent et classent les vins par leur goût.

La même opération peut donner des indications sur la présence de farines étrangères mélangées à celle de froment; mais elles manquent souvent de netteté quand il s'agit de farines en fermentation. Dans le cas même d'une farine en bon état, il faut avoir une grande habitude de la manière dont se sépare le gluten dans des mélanges déterminés, pour pouvoir conclure avec quelque certitude sur la nature des mélanges qui peuvent exister dans la farine proposée.

Il est convenable d'opérer sur un poids un peu considérable, afin de pouvoir mieux apprécier la proportion de son et constater la présence ou l'absence des poussières, des petites pierres et des divers débris qui se concentrent fréquemment dans les farines préparées sans les soins nécessaires.

J'opère ordinairement sur 100 grammes de farine, et je commence le lavage dans un nouet de linge; dès que le gluten a pris la consistance suffisante, je retire la matière du linge, et je termine dans les mains nues; l'opération est achevée quand, en pressant fortement le gluten sous un mince filet d'eau, l'eau s'écoule parfaitement claire.

Toutes les matières qui sortent du linge ou des mains doivent passer à travers un tamis fin et être recueillies dans une grande capsule bien propre. Le tamis arrête le son, les fragments de tissu cellulaire, les corps étrangers, souvent même du gluten qui glisse à travers le linge ou entre les doigts; l'amidon seul passe dans la capsule. De cette manière, on divise la farine en trois parties qu'il faut examiner séparément : le gluten, le son et les matières étrangères, l'amidon.

Le temps nécessaire à la préparation du gluten est variable avec la manière d'opérer et avec la qualité de la farine; il est d'autant plus court que la farine de froment est plus pure et de meilleure qualité. Pour les belles farines, on termine très-facilement l'opération en moins d'une demi-heure, tandis qu'il faut

une heure et plus pour les farines avariées. Il est par suite très-important d'opérer toujours de la même manière, et de tenir note du temps employé.

Dans les bonnes farines de froment, le gluten commence à se rassembler presque immédiatement et ne tend pas à passer à travers le linge; ensuite, quand on opère dans les mains, il prend très-rapidement une consistance et une élasticité de plus en plus grandes; on peut en extraire tout l'amidon sans perte de gluten, pourvu qu'on ait le soin d'écraser doucement les grumeaux qui se forment par la concentration de l'amidon dans certaines parties. Vers la fin, le gluten paraît blanc un peu jaunâtre; il est très-consistant et très-élastique. On peut le peser humide; mais il est préférable de le dessécher à 115 ou 120 degrés dans une petite capsule de porcelaine tarée d'avance, en opérant dans une étuve ou dans un bain de sable. Dans ce dernier cas, la dessiccation est très-lente et demande de deux à trois jours. A la première impression de la chaleur, le gluten se boursoufle et prend dans la capsule une surface très-convexe. Il s'affaisse sur lui-même à mesure que la dessiccation est plus avancée, en même temps il brunit notablement; quand il est bien desséché, il est dur, cassant, et présente une texture feuilletée assez régulière.

La proportion du gluten dans les belles farines de froment est variable, avec la provenance des blés, de 9 à 11 pour 100 du poids de la farine prise dans son état hygrométrique ordinaire.

Dans les farines altérées par fermentation, le gluten ne commence à se réunir dans le nouet de linge qu'au bout d'un temps assez long, une demi-heure, quelquefois même une heure (quand on opère sur 100 grammes), et passe en partie à travers le tissu. Quand il a pris une consistance suffisante pour qu'on puisse retirer du linge et malaxer dans les mains, il tend à se diviser en grumeaux qui ont peu d'adhérence entre eux : on ne parvient qu'avec peine à le réunir en une seule masse, qui est bien moins consistante et élastique que le gluten provenant d'une bonne farine. La différence est d'autant plus grande que la farine proposée est plus altérée.

Pendant la dessiccation, le gluten se boursoufle peu, et souvent même il offre dès le principe une surface concave. Quand la dessiccation est complète, il est dur, peu feuilleté, et presque toujours assez fortement coloré.

L'observation attentive de ces caractères dans une farine reconnue bonne et dans celles qui sont soumises à l'examen peut donc faire reconnaître bien nettement l'état de conservation de la farine, ce qui est certainement le point le plus important pour la fabrication du pain.

Le poids du gluten donné par une farine n'a pas la même importance, puisque sa proportion peut être à peu près aussi forte dans une farine altérée que dans une farine de bonne qualité, pourvu toutefois qu'on ait soin de joindre à la masse principale les petits fragments détachés pendant l'opération.

Le mélange de farines différentes de celle de froment influe beaucoup sur l'aspect du gluten et sur la manière dont il se rassemble; cette influence n'est cependant bien prononcée que dans le cas où les farines étrangères sont en notable proportion, ce qui est fort rare et facile à constater sous le microscope, et aussi par un rendement bien moindre en gluten élastique.

Dans la plupart des cas, il n'y a aucune incertitude sur la cause à laquelle il faut attribuer la difficulté de réunion du gluten; cette cause est l'état de fermentation de la farine. Dans le cas où l'on constate la présence de plusieurs farines mélangées à celle de froment en notable proportion, on peut attribuer les propriétés anormales du gluten, soit à la présence de ces farines, soit à l'altération de celle de froment, soit même aux deux causes réunies. On ne peut alors tirer des indications certaines de la préparation du gluten sur l'état de fermentation de la farine proposée, que par suite d'une longue habitude de l'influence spéciale de chaque mélange dans différentes proportions. On ne peut acquérir cette habitude qu'en faisant un très-grand nombre d'expériences sur des mélanges déterminés et différents; il ne serait pas possible de décrire clairement l'influence des mélanges, influence variable avec la manière d'opérer la préparation du gluten.

L'incinération du gluten ne peut donner, en général, aucune indication utile sur la valeur des farines; il n'est donc pas nécessaire de la faire. Le gluten brûle difficilement, et les cendres ne peuvent être obtenues bien blanches que sous la moufle d'un grand fourneau de coupelle : les cendres sont composées principalement d'acide phosphorique, d'alcalis et de chaux; elles contiennent de la silice en proportion notablement plus forte que les cendres de la farine elle-même. J'ai

trouvé dans plusieurs glutens provenant de farines de froment, de 1.25 à 1.45 pour 100 de cendres contenant plus de la moitié de leur poids de phosphate de chaux.

Amidon. — L'amidon, entraîné par l'eau à travers le tamis dans la préparation du gluten, est reçu dans une grande capsule, dans laquelle il se dépose avec plus ou moins de lenteur. Les plus gros grains gagnent assez vite le fond du vase et forment une couche consistante sur laquelle viendraient se disposer progressivement les grains plus petits et plus légers. L'eau reste laiteuse pendant près de deux heures, quelquefois même davantage. On a intérêt à empêcher le mélange des parties lourdes et légères de l'amidon, afin de pouvoir observer plus commodément au microscope les gros grains et ceux d'un diamètre plus petit.

Dans ce but, on décante le liquide laiteux une demi-heure après la fin de la préparation du gluten, et on laisse la liqueur s'éclaircir lentement.

On filtre, si cela est nécessaire ou si l'on est trop pressé, dans l'eau claire on cherche à constater la *légumine*, caractéristique, d'après plusieurs chimistes, de la présence des légumineuses : elle est indiquée sur un précipité blanc donné par l'acide acétique. Ce caractère ne me paraît pas suffisamment net ; la liqueur peut tenir en dissolution d'autres substances que la légumine, précipitables également par l'acide acétique, telles que les matières azotées solubles d'un certain nombre de céréales ; le caractère indiqué est surtout incertain quand il s'agit d'une farine en fermentation.

Le précipité blanc donné par l'acide acétique ne doit être considéré que comme une indication du mélange possible de farines légumineuses, indication qui a besoin d'être vérifiée par l'ensemble des caractères de la farine proposée.

La partie la plus lourde de l'amidon est quelquefois recouverte d'une couche légèrement colorée, dans laquelle on peut reconnaître les parties fines du son et du tissu cellulaire qui ont pu traverser les tamis. Cela ne se présente jamais pour les bonnes farines bien préparées. Il faut séparer cette couche, quand elle se produit, pour l'examiner au microscope en même temps que la partie plus grossière restée sur le tamis.

L'amidon déposé au fond de la capsule doit être examiné attentivement ; quand il provient de farine de froment pure et de bonne qualité, il a un aspect satiné tout spécial ; quand il

provient, au contraire, de farine de froment altérée, ou d'un mélange de cette farine de bonne qualité avec des farines de seigle, de maïs, de millet, etc., il est gluant sous les doigts, et présente pour chaque cas spécial un caractère particulier. La différence d'aspect n'est sensible que pour un œil très-exercé et ne saurait être décrite.

L'aspect de l'amidon est donc assez important à noter comme indiquant soit la bonne qualité de la farine, soit sa mauvaise qualité ou le mélange d'autres farines. En comparant ce caractère avec celui donné par le gluten, on peut déjà se faire une idée assez exacte de la valeur de la farine proposée.

Une partie de cet amidon est conservée au contact de l'air et sous une mince couche d'eau : la fermentation ne tarde pas à se manifester, et commence d'autant plus vite que la farine est elle-même plus altérée. De cette rapidité on peut encore déduire une appréciation utile. La seconde partie de l'amidon est destinée aux observations microscopiques ; on doit la sécher à basse température et la conserver jusqu'aux expériences sous le microscope. Quand on soupçonne que la farine proposée contient des mélanges, il peut être utile de soumettre l'amidon à une préparation mécanique, dans le but de classer autant que possible les grains d'amidon par ordre de grosseur, et de rendre par là plus facile la distinction des grains de graines différentes. Cette préparation mécanique consiste seulement en une série d'agitations et de décantations successives en opérant dans un grand verre à pied. Dans la partie la plus lourde sont contenus les grains de fécule, de pommes de terre et de farine de haricots. Dans la partie moyenne se trouvent principalement les grains de maïs.

Le dépôt qui se forme lentement dans la première liqueur laiteuse donnée par la préparation du gluten, doit contenir les grains les plus petits du froment, du seigle, et tous ceux du millet et de l'avoine ; il ne renferme certainement pas de grains de haricots et de pommes de terre, qui tous sont assez gros et d'un diamètre assez uniforme.

Les produits des décantations successives doivent être séchés doucement et conservés pour les observations sous le microscope.

Matières arrêtées par le tamis. — Le tamis sur lequel tombent toutes les matières qui s'échappent du linge ou des mains pendant la préparation du gluten retient le son, les débris de

tissus cellulaires, les matières étrangères, des petites portions de gluten. Ces dernières doivent être séparées avec soin et réunies à la masse du gluten. La quantité comparative des autres matières permet d'évaluer approximativement le soin avec lequel le son a été séparé, et la propreté de la farine. Leur examen au microscope peut encore amener à découvrir, par les débris de tissu cellulaire, la nature des farines qui ont été mélangées. Je dois dire cependant que, dans toutes mes expériences, j'ai pu reconnaître plus facilement les mélanges en observant l'amidon et la farine elle-même, qu'en examinant ces débris de tissu cellulaire.

Observations au microscope. — J'ai toujours employé, pour mes observations de farines et d'amidons, un microscope de Chevalier, muni d'un appareil de polarisation. Le grossissement qui m'a paru le plus convenable est celui de 300 diamètres, pour lequel les objets sont encore assez vivement éclairés et le champ assez vaste pour qu'on puisse apercevoir nettement un assez grand nombre de grains d'amidon.

Il permet aussi de dessiner facilement à la chambre claire la forme exacte des grains un peu gros, ce qui facilite beaucoup la comparaison de la farine proposée avec des farines de nature déterminée.

Un plus fort grossissement fatigue beaucoup la vue, ne donne pour chaque observation qu'un très-petit nombre de grains d'amidon nettement visibles, et force par suite à multiplier beaucoup les observations.

Pour chaque farine proposée, il faut soumettre au microscope et séparément : la farine elle-même, l'amidon classé en deux, trois et même quatre grosseurs, et enfin les fragments de tissu cellulaire.

En se servant du microscope, on a pour but de reconnaître les mélanges de différentes farines, et on peut arriver, pour un certain nombre, à constater ces mélanges avec certitude, pourvu qu'on ait la patience de multiplier les observations, et qu'on soit bien habitué à l'aspect que présentent les farines pures, préparées spécialement avec des graines bien propres et de bonne qualité.

La nécessité de multiplier les observations résulte de ce que les mélanges ne sont jamais bien homogènes, et que chaque observation ne fait apercevoir qu'un point de la farine proposée.

Quant à la seconde condition que j'ai exposée, la connaissance exacte de l'aspect que présentent sous le microscope les différentes farines pures, son utilité est bien évidente, car il faut distinguer un ou deux grains de l'une de ces farines entourées d'un très-grand nombre de grains de froment.

J'ai pu distinguer très-nettement, par les observations microscopiques, la présence dans la farine de froment d'une très-faible proportion de maïs, d'avoine, de millet, de haricots, de pommes de terre; pour le seigle, au contraire, j'ai toujours eu des résultats un peu incertains. Pour les vesces et les féverolles, les caractères chimiques bien connus me semblent plus nets.

Enfin, pour aucune farine, je n'ai pu fixer mes idées, même approximativement, sur la proportion dans laquelle elles avaient été mélangées.

Je vais considérer les farines qui ont été jusqu'à présent mélangées le plus fréquemment avec la farine de froment, et indiquer pour chacune d'elles les caractères qui peuvent servir à la faire reconnaître avec plus ou moins de certitude.

Seigle. — Le seigle est extrêmement difficile à reconnaître du froment sous le microscope, surtout si l'on observe l'amidon au lieu de la farine elle-même. La grosseur, la forme des grains, leurs stries, leur coloration par l'iode, leur gonflement par la potasse, la croix noire peu prononcée que fait naître la polarisation de la lumière, tous ces caractères sont extrêmement voisins, sans être identiques, dans les amidons de seigle et de froment.

Il est possible de reconnaître l'amidon du seigle de celui du froment, ou même de distinguer deux échantillons, l'un de froment pur, l'autre de froment mélangé de seigle, quand on sait d'avance que l'un des deux échantillons proposés contient le mélange des deux amidons et que l'autre est de froment pur; mais la différence des caractères est trop peu marquée pour qu'on puisse être certain de la présence d'une petite quantité de seigle, mélangée avec une forte proportion de froment dans l'amidon d'une farine inconnue. Quand on observe la farine elle-même, on éprouve la même difficulté, excepté cependant quand on réussit à rencontrer dans le champ du microscope un de ces petits duvets adhérents à chaque grain de seigle et qui passent dans la farine. Ces duvets sont très-nettement caractérisés; on les reconnaît de suite quand on les a vus une fois.

Pour avoir la probabilité de les rencontrer, il faut avoir la précaution d'étendre la farine, seulement humectée, entre deux lames de verre, sans séparer le gluten qui entraînerait à coup sûr ces duvets.

Quand on les a constatés, on est bien certain de la présence du seigle dans la farine proposée; mais la réciproque n'est pas vraie, c'est-à-dire que si l'on ne parvient pas à la rencontrer dans le champ du microscope, on n'est pas en droit de conclure l'absence du seigle.

Il y a donc souvent incertitude au sujet du seigle quand il n'est pas en proportion assez forte pour influer notablement sur la proportion du gluten ou sur le goût du pain, qui est l'indication la plus certaine et la plus sûre de la présence du seigle en notable proportion.

Avoine. — L'avoine est rarement introduite par fraude dans la farine de froment; quand elle est en proportion un *peu forte*, on constate facilement sa présence par le goût du pain; quand elle se trouve en faible proportion, on peut aisément la découvrir sous le microscope par deux séries d'observations, l'une sur la farine elle-même, l'autre sur les parties les plus légères de l'amidon, séparées par la première décantation après la préparation du gluten.

Pour la farine, il faut opérer comme pour le seigle, c'est-à-dire étendre la farine humectée entre deux lames de verre, sans perdre aucune partie de la matière; on reconnaît l'avoine aux barbes très-longues qui proviennent des grains et restent toujours dans la farine. Leur aspect est bien différent de celui des barbes du seigle, surtout quand on les examine à la lumière polarisée.

L'axe et les deux bords sont marqués par des lignes noires fortement accusées, séparées par deux lignes brillantes.

Il s'agit donc seulement de multiplier le nombre des observations, pour être certain de l'absence ou de la présence de l'avoine.

Dans l'amidon, il faut chercher l'avoine dans la partie la plus légère, car tous les grains de cette céréale sont extrêmement petits. On les reconnaît, si l'on a l'habitude de les observer, aux caractères suivants : ils paraissent très-petits et peu transparents à la lumière ordinaire, ils ne présentent aucun point brillant à la lumière polarisée. Ces caractères sont moins tranchés que ceux des barbes d'avoine observables dans la farine,

et on ne doit chercher à les utiliser qu'après s'être familiarisé par une longue étude avec l'aspect que présentent les grains d'amidon de l'avoine, mélangés dans des proportions d'abord très-fortes et ensuite de plus en plus faibles avec les grains les plus petits de l'amidon du froment, du seigle et du millet.

Maïs. — Le maïs est mélangé avec le froment dans un certain nombre de farines provenant des pays étrangers : j'en ai constaté la présence dans tous les échantillons de farine d'Amérique que m'a soumis l'administration. On peut reconnaître assez nettement sa présence en observant au microscope, soit la farine elle-même, soit l'amidon. Comme les grains d'amidon du maïs sont assez réguliers et de diamètre moyen, on doit observer surtout la partie de l'amidon qui s'est déposée la première dans la préparation du gluten, et en séparer les plus gros grains par une décantation rapide, c'est-à-dire qu'il est convenable d'opérer sur la partie moyenne de l'amidon de la farine proposée.

Dans la farine elle-même, humectée et bien étendue entre deux lames de verre, on peut reconnaître le maïs aux débris de tissu cellulaire et à la forme prismatique des grains qui proviennent des parties voisines de l'enveloppe.

Le caractère suivant est beaucoup plus net et peut être constaté plus facilement dans l'amidon que dans la farine : l'amidon est mouillé avec de l'huile d'olive et bien étendu sur une lame de verre, et ensuite observé successivement à la lumière ordinaire et à la lumière polarisée. A la lumière ordinaire, les grains de maïs paraissent bien ronds (sous le grossissement de 300 diamètres) et présentent tous au centre un point noir bien marqué; à la lumière polarisée, ils paraissent carrés et divisés en quatre par une croix noire rectangulaire, dont les deux branches sont également foncées; les quatre angles sont très-brillants. Ce caractère, que les grains d'amidon du maïs présentent seuls (1), permet de reconnaître avec certitude la présence ou l'absence du maïs.

Millet. — Le millet n'est que bien rarement mélangé avec le froment dans les farines commerciales; son odeur et son goût

---

(1) Les grains de millet offrent le même aspect à la lumière ordinaire, mais leur diamètre étant beaucoup plus petit, il est impossible de les confondre avec ceux de maïs, et de plus on ne distingue pas la croix noire à la lumière polarisée.

le feraient facilement reconnaître dans les farines non altérées. Je l'ai constaté dans plusieurs farines fermentées, dans lesquelles il avait peut-être été introduit pour masquer par son goût prononcé celui que développe la fermentation.

L'observation au microscope peut, dans tous les cas, indiquer avec certitude sa présence ou son absence. Comme l'amidon de millet est composé de grains extrêmement petits, il est convenable d'opérer non pas sur la farine elle-même, mais sur les parties les plus légères de l'amidon, sur le dépôt qui se forme lentement dans la première liqueur décantée (préparation du gluten). Dans cette partie légère de l'amidon extrait de la farine proposée, le millet peut se reconnaître aux caractères suivants : ses grains, très-petits, paraissent bien ronds et plus transparents que ceux de l'avoine; ils présentent tous un point noir au centre; à la lumière polarisée, les bords des grains sont difficiles à distinguer du fond obscur, le centre est indiqué par un point très-brillant. Ces caractères permettent de reconnaître bien nettement un seul grain de millet dans le champ du microscope. On peut les appliquer sur la farine elle-même, en multipliant le nombre des observations.

Haricots. — Lorsque la farine de haricots a été mélangée dans une proportion notable à la farine de froment, sa présence se décèle pendant la panification et ensuite dans le pain. Lorsque sa proportion est faible, on peut toujours la reconnaître aisément au microscope. La grosseur des grains d'amidon des haricots est assez uniforme et comprise entre celle des plus gros grains et des grains moyens de l'amidon de froment. Par suite, dans l'extraction du gluten de la farine proposée, les haricots se trouvent presque tous dans la partie la plus lourde de l'amidon. C'est donc cette partie qu'il faut employer de préférence pour les observations microscopiques.

A la lumière ordinaire, les grains de haricots présentent une forme un peu allongée, une enveloppe bien tendue, et deux points noirs assez rapprochés l'un de l'autre sur la face latérale. Observés à la lumière polarisée, ces grains paraissent à peu près ronds; le bord est nettement dessiné par un cercle noir, la surface est divisée par une croix rectangulaire, dont les deux branches sont également foncées; leur intersection est marquée par un point noir de grandes dimensions, et l'intervalle des branches est très-brillant.

L'ensemble de ces caractères est aussi net que ceux présentés

par les grains de maïs et de millet, et ne peut pas laisser le moindre doute sur la présence ou l'absence des haricots dans une farine donnée.

Je rappellerai que, pour arriver plus vite et plus sûrement au résultat, il faut observer l'amidon et non pas la farine; il faut chercher le millet et l'avoine dans la partie la plus légère, le maïs dans la partie moyenne et les haricots dans la plus lourde.

Pommes de terre. — La fécule de pommes de terre est facile à reconnaître dans la farine et surtout dans la partie la plus lourde de l'amidon. Plusieurs méthodes ont été proposées par différents chimistes, notamment par M. Payen, pour constater au microscope la présence d'une petite quantité de fécule dans la farine de froment; celle qui me paraît en même temps la plus simple et la plus sûre est l'observation directe de l'amidon aux deux lumières. A la lumière ordinaire, les grains de fécule ont un facies bien caractérisé; à la lumière polarisée, leur surface présente deux branches hyperboliques, inégalement noires, dont les sommets sont plus marqués et plus déliés Je n'ai pas besoin de rappeler les procédés proposés par M. Roland et M. Donny, ils sont décrits en détail dans les *Bulletins de la Société d'encouragement*. Les caractères que je viens d'indiquer sont très-nets et applicables à tous les cas qui peuvent se présenter.

Vesces et féverolles. — Ces deux substances peuvent être facilement constatées dans les farines en suivant la méthode que M. Donny a décrite dans les *Bulletins de la Société d'encouragement*. La farine est appliquée sur les parois intérieures d'une petite capsule de porcelaine, et soumise successivement aux vapeurs d'acide azotique et d'ammoniaque. Toutes les parties qui appartiennent aux vesces et féverolles se colorent en rouge très-foncé, tandis que le reste de la farine est seulement jauni. L'examen sous le microscope, de la matière rougie, permet de reconnaître les grains colorés en rouge, et par conséquent d'apprécier avec une certaine approximation la proportion des vesces et féverolles dans la farine proposée.

Ce caractère est très-net, et c'est le seul cas dans lequel il est possible d'apprécier, dans les mélanges de substances diverses à la farine de froment, la proportion des matières mélangées.

Riz. — Le riz est assez difficile à reconnaître dans les farines; on peut cependant le distinguer, sous le microscope, aux fragments anguleux du périsperme. On doit les chercher

dans la farine elle-même et surtout dans les parties lourdes de l'amidon. Il faut une grande habitude pour les reconnaître d'une manière certaine, surtout quand la proportion de riz mélangé au froment est très-faible. La distinction est alors un peu plus facile que celle du seigle, mais elle n'est pas à beaucoup près aussi nette que celle de la fécule, du maïs, du millet, des haricots et de l'avoine.

La détermination du gluten et la panification ne peuvent non plus fournir que des caractères peu prononcés quand la proportion du riz n'est pas très-notable.

Sarrasin. — Le sarrasin est plus facile à distinguer par la panification que par l'examen microscopique; il donne au pain un goût spécial, qu'il est difficile de confondre avec aucun autre. Pour le reconnaître dans la farine, il faut commencer par séparer le gluten et les parties les plus légères de l'amidon. Dans les parties un peu lourdes, on reconnaît le sarrasin à la présence de petites masses anguleuses, prismatiques, analogues pour l'aspect à l'amidon en aiguilles du commerce.

Graine de lin. — Cette substance est très-rarement mélangée à la farine de froment, au moins pour celle vendue à Paris. On peut la reconnaître assez sûrement sous le microscope à la présence de petits fragments carrés, presque uniformes, colorés en rouge brun, et ne changeant pas d'aspect quand on dissout l'amidon dans la potasse, en employant une dissolution renfermant 12 à 14 p. 100 d'alcali.

RÉSUMÉ.

D'après tous ces caractères on peut, jusqu'à un certain point, distinguer les farines différentes qui ont été mélangées à celle de froment dans un échantillon donné, en opérant de la manière suivante :

Dans une première opération, on constate la présence ou l'absence des vesces et féverolles par la coloration en rouge indiquée précédemment; le microscope sert à évaluer la proportion de ces substances.

Dans une seconde série d'expériences sur la farine elle-même, on cherche à reconnaître au microscope les duvets de seigle ou d'avoine, qu'il est très-facile de distinguer les uns des autres. Les mêmes observations peuvent indiquer par la forme des débris de tissu cellulaire, par les fragments de périsperme, la présence du riz, du maïs et du sarrasin. En

traitant la farine, sur la lame de verre, par une dissolution de potasse, on peut distinguer les fragments carrés et rouges, caractéristiques de la graine de lin.

Dans une troisième série d'expériences, on observe l'amidon obtenu par la préparation du gluten, et on le divise en trois parties, par agitations et décantations successives.

Dans la partie la plus légère, qui ne renferme que les grains les plus fins, on cherche le millet et l'avoine en observant alternativement à la lumière ordinaire et à la lumière polarisée. Les grains ronds avec un point noir au centre, devenant noirs avec le centre brillant, à la lumière polarisée, indiquent le millet; les grains opaques qui disparaissent presque complétement par la polarisatian de la lumière, sont caractéristiques de l'avoine.

Dans la partie moyenne, il faut chercher surtout le maïs, très-facile à reconnaître sous le microscope : les grains ronds avec un point noir au centre, devenant carrés, avec une croix noire rectangulaire, et les quatre angles très-brillants à la lumière polarisée indiquent avec certitude la présence du maïs.

La partie la plus lourde de l'amidon est celle qui peut contenir le plus de substances différentes du froment. C'est dans cette partie qu'on doit chercher la fécule, les haricots, le riz et le sarrasin. Il faut multiplier les observations en passant, pour chacune d'elles, de la lumière ordinaire à la lumière polarisée.

La fécule se reconnaît à la grosseur des grains, à leur facies tout particulier, aux deux branches hyperboliques noires que fait apparaître la polarisation de la lumière.

Les haricots se distinguent par les grains un peu allongés, portant deux petits points noirs très-rapprochés, à la croix noire rectangulaire, avec un pâté noir au centre, le contour circulaire noir et les intervalles très-brillants, auxquels donne lieu la polarisation.

La présence du riz est indiquée par les fragments angulaires du périsperme, presque transparents à la lumière ordinaire, et qu'il est difficile de reconnaître si on n'a pas une grande habitude de les observer.

Enfin des agglomérations prismatiques analogues aux aiguilles de l'amidon du commerce décèlent la présence du sarrasin.

Par ces expériences, les vesces, les féverolles, le millet, l'avoine, le maïs, les haricots, la pomme de terre, la graine

de lin et même le sarrasin, sont faciles à constater avec netteté. — Le riz est toujours difficile à reconnaître quand il est en faible proportion; le seigle ne peut être indiqué que par les petites barbes qu'il faut chercher avec patience dans la farine.

Azote et matières minérales. — Les farines contiennent des substances azotées, qui n'ont pas, comme le gluten de froment, la propriété de se réunir par malaxation. On pourrait évaluer leur proportion avec une exactitude bien suffisante, en dosant l'azote et calculant la quantité des matières organiques azotées, s'il était bien démontré que ces matières renferment toutes à peu près la même proportion d'azote.

Il ne faut pas attacher une trop grande importance à ce dosage. La bonne qualité du pain dépend principalement de l'absence ou de la très-faible proportion des farines autres que celle de froment, et du bon état de conservation de cette dernière. Ces deux points sont éclaircis par la séparation et le dosage du gluten. S'il se rassemble facilement, s'il a les propriétés caractéristiques d'une bonne qualité de froment, si sa proportion est comprise entre les limites ordinaires de 9 à 11 p. 100, on peut être assuré que le pain fait avec la farine sera bon, que les farines étrangères sont en proportion trop faible pour influer d'une manière notable sur sa qualité.

C'est donc le gluten qu'il faut examiner avec le plus de soin. Quant à l'azote, son dosage n'indique nullement l'absence de farines étrangères, ni même le bon état de la farine de froment. Il ne peut donc être qu'un renseignement utile à connaître, mais duquel il faut se garder de tirer une conclusion, au moins autant que sa proportion est comprise entre certaines limites.

La question de l'action de l'azote comme principal élément nutritif est d'ailleurs trop controversée pour qu'on puisse classer les farines d'après la proportion d'azote qu'elles renferment.

Les matières minérales existent dans toutes les farines, en faible proportion, et doivent cependant être très-utiles dans l'alimentation. Elles ne peuvent être déterminées que par l'incinération dans une capsule de porcelaine et sous une moufle chauffée au rouge sombre seulement. La forte proportion des sels alcalins fusibles rend très-difficile l'incinération complète. Si lentement qu'on élève la température, on ne parvient pas à éviter la fusion, qui empêche la combustion du charbon. Il faut alors traiter les cendres plus ou moins noires par l'eau,

afin de dissoudre les sels alcalins, et continuer l'incinération sur la partie insoluble. La dissolution est évaporée à sec, et le poids du résidu ajouté à celui des cendres donne la somme des matières minérales de la farine. Cette opération est longue et ne peut pas donner de résultat exact: l'incinération doit faire perdre une partie des sels minéraux contenus, et surtout changer la nature des combinaisons. Elle ne doit être faite que dans le cas où l'on soupçonne l'introduction frauduleuse de sels minéraux blancs dans la farine, cas extrêmement rare, parce que la fraude est trop facile à découvrir. Les cendres de froment sont composées principalement de silice, acide phosphorique, alcalis et chaux : elles ne renferment que très-peu de magnésie, d'acide sulfurique et d'acide carbonique.

Je donne dans le tableau B la composition des cendres de pains reconnus de bonne qualité, qui ne diffèrent des cendres de farine de froment que par le sel ajouté dans la panification, et par une petite proportion de sulfate de chaux, provenant de l'eau de puits que les boulangers emploient de préférence à l'eau pure.

Pour terminer le chapitre de l'examen des farines, je donnerai les résultats numériques obtenus avec différentes farines pour l'eau et le gluten.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Eau hygrométrique p. 100 de farine.	16,70	17	17	16	12	14	13	13	14	14
Gluten sec.	9,39	15,60	9	10,65	»	10,12	10,06	11	9,80	9,00

(1) Farine des environs de Bordeaux, tenant 29,39 p. 100 de son.
(2) Farine première qualité, achetée chez un boulanger de Paris.
(3) Farine première qualité, achetée chez un boulanger de Paris.
(4) Farine première qualité, achetée chez un boulanger de Paris.
(5) Farine de marrons d'Inde.
(6), (7), (8), (9), (10). Farines provenant d'Amérique, envoyées de Cherbourg et du Havre à l'Administration. Elles sont fermentées et contiennent un peu de seigle et de maïs. Elles donnent du pain de très-mauvaise qualité. On n'a pu les employer pour la panification qu'en les mélangeant avec une forte proportion de farine de froment.

EXAMEN DES PAINS.

Dans les circonstances ordinaires on doit examiner les pains pris chez les boulangers sans connaître exactement la nature des farines, le mode de fabrication, la durée de la cuisson et

même le temps qui s'est écoulé depuis la sortie du four. Les résultats qu'on peut obtenir ne sont pas toujours complets et sont nécessairement rapportés à l'état du pain au moment où il est mis en expérience. Il serait très-utile de connaître le temps écoulé depuis la sortie du four et la perte de poids du pain par dessiccation ; par là on serait en mesure d'étudier la loi de la dessiccation depuis la cuisson, et de déterminer avec une plus grande certitude la proportion de farine employée pour produire les pains proposés.

Les opérations nécessaires pour apprécier la qualité des pains sont les suivantes :

1° Examen des caractères extérieurs, du degré de cuisson, de l'odeur, du goût, du durcissement par dessiccation spontanée ;

2° Détermination de l'eau hygrométrique dans la mie et dans la croûte, et par suite de la proportion des matières sèches que renferme le pain ;

3° Incinération de ces deux parties séparées, et calcul de la proportion de farine sèche employée pour produire 100 parties de pain. Dans le cas où on connaît la farine employée et ses proportions d'eau, on peut calculer le rendement de la farine en pain ;

4° Analyse des cendres, dosage du sel, recherche des matières minérales qui auraient pu être introduites pendant la panification ;

5° Recherche des farines diverses qui auraient pu être mélangées à celle de froment.

§ I. — Caractères extérieurs.

Le jugement à porter sur la qualité du pain est basé en grande partie sur la consistance, l'odeur et le goût de la mie et de la croûte, et sur le plaisir qu'on éprouve en les mangeant. On ne peut comparer les pains entre eux sous ce rapport qu'en les examinant dans des conditions senblables, à peu près le même temps après la cuisson. Ils devraient être examinés de douze à dix-huit heures après leur sortie du four, c'est-à-dire dans l'état le plus ordinaire de la vente par les boulangers.

On pèse le pain entier et on le coupe en deux parties égales : l'une est destinée à la détermination de l'eau hygrométrique,

et doit être pesée de suite; la seconde est consacrée à l'examen des caractères extérieurs.

On tient note de l'aspect, de l'odeur, du goût et de la consistance de la mie et de la croûte, et par ces caractères on peut souvent découvrir quels mélanges de farines ont été faits, en quel état de conservation était la farine de froment.

Le seigle, les haricots, le sarrasin, les pommes de terre, etc., se reconnaissent aisément au goût et à l'odeur, même quand leur proportion est très-faible. Le mélange d'une proportion notable de maïs rend la mie un peu gluante et donne une couleur jaunâtre assez prononcée. Les farines de froment fermentées produisent des pains dont la mie est lourde, mal levée et très-gluante : en outre ces pains ont une odeur indéfinissable et désagréable, qu'il est facile de reconnaître quand on l'a sentie une seule fois; le goût est aigrelet et la digestion difficile.

On peut distinguer encore assez nettement l'odeur et le goût des farines fermentées en présence d'une proportion notable de maïs et de seigle.

A ces premières indications il faut joindre celle que donne le durcissement spontané d'un certain poids du pain proposé.

Les pains faits avec de la bonne farine de froment durcissent lentement, en perdant leur eau hygrométrique sans contracter de mauvais goût.

Les pains faits avec des farines mélangées durcissent presque tous beaucoup plus vite. Le marron d'Inde, la pomme de terre, les haricots, le riz, sont des substances qui accélèrent le plus le durcissement; le pain ne devient pas mauvais, ne contracte aucun goût nouveau; il reste toujours aussi bon quand on le trempe dans du bouillon.

Au contraire, le pain fait avec des farines en fermentation durcit avec une grande rapidité, et devient de plus en plus mauvais à mesure qu'il est plus desséché. Son goût aigrelet devient plus prononcé, et très-souvent le pain se recouvre de moisissures en moins de quatre jours, bien que conservé dans un endroit sec; ce caractère est en relation directe avec celui que j'ai indiqué pour les farines fermentées, l'altération rapide de l'amidon sous l'eau.

Au point de vue scientifique, il y aurait intérêt à faire une série d'expériences sur la dessiccation spontanée des pains de bonne qualité dans des conditions déterminées. Des nom-

breuses expériences que j'ai faites à ce sujet, il résulte que la mie, conservée dans une capsule et dans une chambre maintenue à la température constante de 18 à 20 degrés, perd progressivement de son poids, rapidement d'abord, très-lentement ensuite, et n'arrive à un état hygrométrique stationnaire qu'au bout de huit à neuf jours. Elle retient alors environ 10 pour 100 d'eau, proportion peu différente de celle que conserve la belle farine de froment dans les mêmes conditions. Exposées dans une atmosphère plus humide, la mie et la farine réabsorbent à peu près la même quantité d'eau. Ces résultats me paraissent démontrer que la mie des pains de bonne qualité diffère très-peu de la farine, et par suite que dans la fabrication du pain la partie de la farine qui produit la mie n'éprouve pas de notable altération.

Il semble en résulter également que le durcissement des pains provient seulement de la dessiccation et n'est pas accompagné d'actions chimiques.

Il n'en est probablement pas de même pour les pains faits avec des mélanges de farine, et principalement pour ceux fabriqués avec des farines fermentées. Le durcissement très-rapide et la différence de faculté hygrométrique entre la mie desséchée spontanément et la farine correspondante indiquent une action chimique qu'il m'a été impossible d'étudier.

§ II. — Détermination de l'eau hygrométrique.

Pour avoir assez exactement la proportion d'eau que renferme un pain, il est essentiel d'opérer sur le pain tout entier, ou au moins sur un poids assez considérable, et sur une portion choisie de manière à bien représenter la moyenne proportion de mie, de croûte, des parties bien cuites et de celles moins chauffées. Dans la plupart des pains on peut estimer avec une approximation suffisante la division en deux parties symétriques, en sorte qu'on peut se contenter d'opérer sur l'une des deux moitiés. Plus rarement, dans les pains qui présentent une cuisson bien uniforme, on peut opérer sur le quart; jamais on ne doit prendre une fraction plus petite, parce que les résultats ne seraient plus applicables au pain tout entier.

La condition d'opérer sur une portion très-notable du pain ne serait pas toujours absolue si l'on tenait à doser seulement l'eau hygrométrique; ainsi, pour les pains longs, on aurait une

approximation bien suffisante en opérant sur une tranche prise vers le milieu du pain. Je me suis assuré par plusieurs expériences, sur une tranche et sur le même pain tout entier, que la différence entre les deux proportions d'eau ainsi déterminées est très-faible.

Après la dessiccation, il convient toujours de faire l'incinération de la mie et de la croûte, afin de pouvoir calculer, comme je l'indiquerai plus loin, la proportion de farine employée dans la fabrication du pain. Le résultat de ce calcul ne peut être un peu exact que si l'on opère sur une portion très-notable et représentant bien exactement la moyenne du pain entier. J'ai toujours obtenu des résultats concordant en opérant sur les pains entiers, et même sur la moitié des pains; bien rarement l'emploi du quart des pains m'a donné des résultats satisfaisants.

La condition de dessécher et d'incinérer soit les pains entiers, soit les moitiés seulement, est assez embarrassante, parce que la dessiccation est d'autant plus difficile à conduire qu'on agit sur un poids plus considérable. Je conseille vivement de ne pas s'arrêter à cette difficulté, parce qu'on peut tirer une vérification précieuse de la comparaison des proportions de matières sèches et de farine sèche, données par la dessiccation et par l'incinération. Outre cette vérification très-importante, on tire de la comparaison des deux nombres la proportion de matière organique perdue pendant la cuisson, et l'influence de la forme des pains sur le rendement de la farine.

Dans mes expériences je considère comme *croûte* toutes les parties du pain qui paraissent avoir subi dans la cuisson une décomposition plus ou moins forte; je ne considère comme *mie* que les parties qui n'ont pas perdu de leur substance organique. La séparation des deux parties doit être faite immédiatement après la pesée, à l'aide d'un couteau coupant très-bien. La mie et la croûte sont pesées séparément, divisées à la main en très-petits fragments et placées dans des capsules en porcelaine.

Pour tous les pains que j'ai examinés, j'ai fait le calcul de la proportion de mie et de croûte contenues dans 100 parties de pain, et j'ai pris le rapport de la croûte à la mie. Ces nombres mettent en évidence, pour les pains de même forme, le degré de cuisson qui dépend aussi bien de la durée que de la température du feu, et pour les pains différents, l'influence de la

forme sur la proportion de mie et de croûte, et comme conséquence sur le rendement de la farine en pain.

Pour les pains de 2 kil., dits *de maçon*, bien cuits et de bonne qualité, la proportion de mie varie ordinairement entre 70 et 75 p. 100, et le rapport de la croûte à la mie de 0,43 à 0,33.

Dans les pains de 2 kil., dits *de fantaisie*, plus allongés que les précédents, la proportion de mie est notamment plus faible et dépasse rarement 70 p. 100; elle descend à 60 p. 100 dans les pains trop cuits; le rapport de la croûte à la mie est généralement compris entre 0,60 et 0,43.

Pour les pains fendus, dits *de marchands de vin*, encore plus allongés, le rapport de la croûte à la mie varie entre 0,78 et 0,90. Ils sont assez souvent peu cuits et la croûte est peu colorée, mais très-ferme. La proportion de mie dépasse peu 55 p. 100 : aussi pour cette forme spéciale le rendement de la farine est-il très-faible.

Les pains rondins, plus ou moins allongés, se rapprochent des pains de maçon; le rapport de la croûte à la mie est ordinairement compris entre 0,50 et 0,60, excepté cependant pour ceux de 1 kil. 1/2, pour lesquels la proportion de croûte plus forte, atteint 45 p. 100 du poids du pain.

Enfin dans les miches de 2 kil., le rapport de la croûte à la mie s'écarte très-peu de 0,50; la proportion de mie est ordinairement comprise entre 63 et 68 p. 100, suivant le degré de cuisson.

Pour les pains d'une forme déterminée, le mode de cuisson devient manifeste par la comparaison de l'apparence avec la proportion de la croûte. Une cuisson rapide dans un four très-chaud donne presque toujours une croûte brûlée et une mie mal cuite, retenant beaucoup d'eau. Les pains soumis à une cuisson plus prolongée, dans un four chauffé modérément, offrent une croûte bien colorée, épaisse, et une mie bien cuite renfermant peu d'eau.

Les pains fabriqués avec des farines fermentées, mélangées dans une forte proportion avec des farines de bonne qualité, ne peuvent être rendus passables que par une cuisson lente et prolongée pendant une heure. Ces mêmes pains, cuits dans les conditions ordinaires, présentent toujours une mie gluante et de goût plus ou moins désagréable.

La dessiccation de la mie et de la croûte devrait être faite

dans une étuve à air chaud, maintenue à la température constante de 110 à 115 degrés; mais il faudrait dans presque tous les laboratoires actuellement existants faire construire une étuve spéciale, de dimension assez grande pour qu'on pût opérer en même temps sur plusieurs échantillons, c'est-à-dire sur plusieurs fois 1 ou 2 kil. de pain. Je n'ai pas pu faire construire cet appareil dans les laboratoires de l'École des mines, et j'ai été forcé d'opérer la dessiccation sur les grands bains de sable dont je me sers depuis très-longtemps. Bien que je fusse habitué à diriger le feu de manière à maintenir la température sensiblement constante, il m'a fallu une surveillance de tous les instants pour empêcher le fond des capsules de trop chauffer. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'il a été nécessaire de retourner très-fréquemment les matières dans les capsules pour rendre la dessiccation uniforme dans toute la masse. A ces inconvénients inhérents à l'emploi des bains de sable, il convient d'ajouter que la dessiccation est nécessairement très-lente, et n'exige pas moins de deux jours entiers. Dans un laboratoire destiné spécialement à l'examen des pains, une étuve serait indispensable.

Sur le bain de sable, il convient d'élever lentement la température jusqu'à la fin de la dessiccation. Pendant les douze dernières heures, le sable, à l'endroit le plus chaud, doit indiquer de 120 à 125 degrés; un thermomètre à mercure entièrement plongé dans le pain doit alors marquer de 115 à 118 degrés.

On reconnait que la dessiccation est parfaite aux caractères suivants : la mie est devenue légèrement jaune à la surface des fragments, et son poids reste stationnaire dans deux pesées faites à un intervalle de six heures. L'expérience doit être considérée comme manquée quand certaines parties de la mie ou de la croûte sont caramélisées et s'attachent au fond des capsules.

Quand on opère sur des pains de mauvaise qualité, il faut encore plus de précautions, et ne pas élever la température au delà de 110 degrés; la mie chauffée à 120 degrés perdrait une notable proportion d'eau de combinaison, et les pesées indiqueraient moins de matières sèches que les pains n'en contiennent réellement. Cette décomposition partielle est mise en évidence par le désaccord entre la proportion des matières sèches et celle de la farine sèche, calculée par les cendres.

Il est essentiel de peser très-rapidement la mie et la croûte desséchées, parce que ce sont des substances très-hygrométriques, absorbant en peu de temps une notable proportion de l'eau atmosphérique.

Les poids obtenus permettent de calculer en centièmes l'eau hygrométrique et les matières sèches contenues dans la mie, dans la croûte et dans le pain entier.

Les pains de bonne qualité, bien cuits, considérés dix-huit heures après la sortie du four, contiennent de 33 à 34 p. 100 d'eau; la mie en donne 42 à 43 p. 100 et la croûte 17 à 18 p. 100. Dans les pains entiers, la proportion d'eau est assez variable avec la forme et avec le mode de cuisson. Dans les échantillons de toute nature que j'ai eu la mission d'examiner, j'ai trouvé pour limites extrêmes de la proportion d'eau :

Pour la mie........	40 et 48 p. 100.
Pour la croûte......	17 et 27
Pour le pain.......	30 et 41

Les pains cuits lentement, dont la croûte bien colorée est très-résistante, sont ceux qui renferment la plus faible proportion d'eau. Ceux dont la croûte est brûlée retiennent presque toujours beaucoup d'eau dans la mie. Il en est de même de ceux fabriqués, sans précaution spéciale dans la cuisson, avec des farines avariées.

Dans le tableau A, joint au mémoire, j'ai réuni un certain nombre d'exemples des résultats obtenus avec des pains de formes et de qualités différentes.

§ III. — Incinération.

L'incinération de la mie et de la croûte desséchées exige de très-grandes précautions, parce qu'on opère sur des masses considérables, et qu'il faut éviter : 1° la perte des sels que pourraient entraîner la vapeur d'eau et les produits volatils qui se dégagent pendant la carbonisation, si la température était élevée très-rapidement; 2° l'agglomération des sels alcalins, qui sont en forte proportion dans les cendres.

Elle ne peut réussir que dans des capsules de porcelaine, sous une grande moufle, chauffée progressivement jusqu'au rouge sombre. On avance peu à peu les capsules vers le fond de la moufle, de manière à produire lentement la décomposition et l'inflammation de la matière organique. Quand la flamme a cessé, on peut chauffer au rouge sombre et placer les cap-

sules dans le fond de la moufle, en les inclinant vers l'entrée, afin que l'air puisse arriver facilement sur le charbon qui reste à brûler. On entretient le feu tant qu'il reste du charbon, en ayant soin que la moufle ne soit jamais au rouge vif. La combustion du charbon provenant de 2 kil. de pain exige de trois à quatre heures; elle est d'autant plus longue, les cendres sont d'autant moins blanches et les résultats d'autant plus incertains, qu'on a chauffé plus fortement.

Quand on s'aperçoit que les cendres encore noires tendent à s'agglomérer, il faut retirer les capsules de la moufle, laisser refroidir, bien porphyriser les matières, et recommencer l'incinération à une température plus basse.

Les cendres devenues bien blanches sont pesées tout de suite après leur refroidissement et conservées pour l'analyse. Des poids obtenus, on déduit la proportion de cendres pour 100 parties de mie, de croûte et de pain.

La proportion est un peu plus faible dans la mie que dans la croûte; pour le pain lui-même, elle est variable avec la nature et avec le rendement des farines : elle est ordinairement comprise entre 0,60 et 0,80 p. 100 de pain.

La détermination des cendres donne les moyens de calculer la proportion de farine sèche employée pour produire le pain, avec une assez grande exactitude pour les pains de bonne qualité, et au contraire avec peu de certitude quand les pains proviennent de farines altérées. Je considère d'abord le premier cas, c'est-à-dire les pains faits avec de bonnes farines.

Les bases du calcul sont les suivantes :

On peut admettre que dans la panification la pâte mise au four est sensiblement homogène, et contient à peu près la même proportion de matières minérales dans toutes ses parties; cette homogénéité n'est pas sensiblement modifiée par la cuisson, au moins dans les conditions ordinaires de fabrication. D'après cela, le rapport entre les deux nombres qui expriment la proportion de cendres dans la croûte et dans la mie, représente la proportion de mie à laquelle aurait donné lieu la partie de la pâte transformée en croûte. Si l'on multiplie ce rapport par la proportion de croûte contenue dans 100 parties de pain, et si l'on ajoute le produit à la mie, la somme A représentera la mie qu'aurait produite la quantité de farine employée pour 100 parties de pain.

En considérant ensuite que la cuisson n'a fait éprouver à la

mie aucune perte sensible de matière organique, on peut admettre que la mie desséchée représente presque exactement la farine sèche employée pour la produire. Par conséquent, en multipliant la somme A, qu'on pourrait appeler pain évalué en mie, par la proportion de matière ou farine sèche contenue dans la mie, on aura la proportion de farine sèche qui a donné 100 parties de pain.

Ce résultat s'applique à l'état hygrométrique du pain au moment de sa mise en expérience. Pour le rapporter au moment de la sortie du four, il faudrait connaître le poids du pain à cet instant. Connaissant le poids de la farine sèche, il sera facile de calculer la proportion de farine ordinaire, et son rendement en pain, si l'on en a pu déterminer en même temps l'état hygrométrique de la farine.

Exemple. — Si la farine contient 17 p. 100 d'eau, il faudra diviser le nombre obtenu pour la farine sèche par 83 pour avoir la proportion de farine à 17 p. 100 d'eau produisant 100 parties de pain, et ensuite diviser 1.000 par la proportion de farine ordinaire pour avoir le rendement en pain de 100 parties de farine.

La comparaison des deux nombres qui représentent la proportion de farine sèche employée et celle de matières sèches contenues dans 100 parties de pain, doit donner un excès par le premier; la différence représente, si les opérations ont été bien faites, la perte de matière organique pendant la cuisson, perte entièrement due à la formation de la croûte.

La perte est variable avec le degré de cuisson, avec la proportion de croûte, et par suite avec la forme des pains : elle est d'autant plus grande que la proportion de croûte est plus forte et que cette croûte est plus brûlée.

Dans les pains de 2 kil., dits de fantaisie, la perte de matière organique est comprise entre 1 1/2 et 3 p. 100 de la farine sèche employée; pour les pains de maçon, elle est un peu moins forte, et comprise ordinairement entre 1 1/2 et 2 p. 100.

Pour les pains très-allongés, comme ceux de marchand de vin et les rondins d'un petit diamètre, la perte varie de 3 à 4 p. 100. Dans les pains rondins d'un fort diamètre, elle se rapproche beaucoup de 2 p. 100. Il en est de même dans les miches, quand la cuisson a été convenable.

Le calcul du rendement de la farine conduit à des résultats

intéressants et démontre que, pour les pains de bonne qualité, à peu près également cuits, le rendement dépend de la forme des pains. J'ai déduit d'un très-grand nombre d'expériences les moyennes suivantes : elles se rapportent à des pains fabriqués avec de bonnes farines de froment, mis en expérience dix-huit heures environ après leur sortie du four. La farine contenant 17 p. 100 d'eau hygrométrique, 100 parties de farine produisent :

125 à 130 de pains de maçon de 2 kilogrammes;
120 à 125 de pains de fantaisie de 2 kilogrammes;
112 à 122 de pains très-allongés;
120 à 128 de pains rondins, suivant le diamètre;
125 à 135 de miches de 2 kilogrammes suivant la cuisson et l'épaisseur de la mie.

Je n'ai pas eu l'occasion de déterminer la perte que les différents pains éprouvent pendant les dix-huit premières heures après leur sortie du four; il semble résulter de quelques expériences isolées que les pains peuvent perdre de 3 à 5 pour 100 de leur poids. Si ce chiffre est vérifié par de nouvelles observations, les nombres précédents conduisent à ce résultat, que, pour les miches, les rondins et les pains de maçon convenablement cuits, le rendement moyen de la farine ordinaire se rapproche beaucoup de 133; que pour les pains de fantaisie, presque toujours portés à domicile, le rendement moyen est compris entre 125 et 130; et enfin que, pour les pains très-allongés, il peut être souvent inférieur à 120.

En appliquant la méthode précédemment indiquée aux pains fabriqués avec des farines altérées ou mélangées, je n'ai pas toujours obtenu une concordance satisfaisante entre les proportions de farine sèche et de matières sèches. Presque toujours le calcul de la farine employée a donné un nombre inférieur à celui des matières sèches, dosées directement par la dessiccation. J'ai d'abord attribué cette discordance à ce que la dessiccation avait été faite à une température trop élevée, et à ce qu'une partie de la mie avait été décomposée. Mais en recommençant les expériences sur les mêmes pains, je suis retombé sur le même résultat. En suivant le mode de calcul adopté pour passer des cendres à la farine employée, il est facile de se convaincre que la discordance provient de ce qu'à la température de 115 à 120 degrés de mie des pains de mauvaise qualité perd une notable proportion d'eau de combinaison.

En opérant la dessiccation à une plus basse température, on obtient la vérification désirée. C'est pour ce motif que, dans le paragraphe précédent, j'ai indiqué 110 degrés comme la température la plus élevée à laquelle on doit soumettre les pains reconnus de mauvaise qualité, soit par leur goût, soit par la nature des farines employées. La dessiccation est difficile, et on ne peut jamais affirmer qu'elle soit complète.

Je ne suis pas en mesure de donner l'explication de ce fait, qui me paraît très-important ; je désire seulement attirer l'attention des chimistes, qui s'occupent spécialement de ces questions, sur la facilité bien plus grande avec laquelle les pains faits avec des farines avariées perdent une certaine proportion d'eau de leur substance organique.

Je dois encore faire observer que tous les pains qui m'ont donné ce singulier résultat contenaient une très-forte proportion d'eau hygrométrique, 5 à 6 pour 100 de plus que les pains de même forme, de même apparence extérieure, mais reconnus de très-bonne qualité par leur goût.

Dans le tableau A je donne les nombres obtenus dans l'examen d'un certain nombre de pains, pour les cendres, pour la farine employée et pour le rendement de la farine. Les n°s 15, 16, 17, 20 et 21 sont des exemples de la discordance dont je viens de parler, discordance qui pourrait servir à constater la mauvaise qualité des pains, si ce fait n'était déjà démontré par d'autres caractères.

Pour ces pains, il ne faut pas considérer comme exacts les nombres obtenus pour les matières sèches, pour la farine employée et pour le rendement de la farine en pain : les deux premiers sont certainement trop faibles et le dernier trop fort ; il faut recommencer la dessiccation à plus basse température, si l'on a encore une quantité suffisante du même pain à sa disposition.

§ IV. — Analyse des cendres.

Les cendres de pain sont composées principalement de phosphates ; les bases sont les alcalis, la chaux et l'oxyde de fer ; elles contiennent une faible proportion de silicates alcalins, et laissent dans les acides un faible résidu de 2 à 5 pour 100, composé d'argile et sable.

Les acides sulfurique, chlorhydrique et carbonique n'entrent que pour une très-faible portion.

J'ai réuni dans le tableau B, la composition des cendres de dix échantillons de pains faits avec des farines de froment de bonne qualité, et j'ai calculé, au moyen de l'acide chlorhydrique dosé, la proportion de sel employé. Elle est assez variable, de $0^g,17$ à $0^g,78$ par kilogramme de pain, mais paraît se rapprocher de $0^g,45$.

Au point de vue spécial de l'examen pratique de la quantité des pains, l'analyse des cendres ne présente pas un intérêt évident quand leur proportion est comprise dans les limites ordinaires, c'est-à-dire entre 0,60 et 0,80 pour 100 de pain : il faudrait y chercher principalement les sels ou les produits de la décomposition des sels minéraux que certains boulangers introduisent parfois en minime proportion, le sulfate de cuivre, le sulfate de magnésie, l'alun, etc. M. Kuhlmann a décrit depuis longtemps les méthodes qui peuvent servir pour les reconnaître; ses procédés sont décrits avec détail dans le *Traité de chimie* de M. Dumas, et il ne me reste rien à dire à ce sujet.

Dans le cas où la proportion de cendres est très-forte, il y a lieu de faire l'analyse, afin de reconnaître la nature de la substance minérale mélangée à la farine. Je n'ai aucune méthode nouvelle à présenter au sujet de cette analyse.

§ V. — Des mélanges.

Quand on a complété les expériences indiquées précédemment, il reste à déterminer si le pain proposé a été produit avec des farines mélangées ou avec de la farine de froment employée seule.

La présence des farines de seigle, de haricots, de maïs, etc., devient évidente par le goût spécial que prend le pain, quand ces farines sont introduites en proportion notable. L'odeur et le goût, le durcissement plus ou moins rapide par dessiccation spontanée, sont les indices les plus certains des mélanges. Quand ces caractères font défaut, c'est-à-dire quand les farines autres que celles de froment sont en très-faible proportion, on est obligé de recourir au microscope, et de chercher à reconnaître les grains d'amidon de nature différente.

Cette recherche peut rarement conduire à un résultat satisfaisant, parce que les grains sont en partie déformés pendant la cuisson. Il en résulte que, pour obtenir un ensemble complet de résultats, il faut examiner en même temps la farine employée pour la fabrication du pain.

Dans ce cas on détermine,

Dans la farine : l'eau hygrométrique, la proportion et la qualité du gluten, et par suite l'état de plus ou moins bonne conservation de la farine de froment, et son mélange probable avec d'autres farines. Au microscope on reconnait si la farine contient du maïs, du millet, de l'avoine, des haricots, de la fécule, du riz, du sarrazin, de la graine de lin. Par une courte opération chimique, on s'assure de l'absence ou de la présence des vesces et des féverolles. Le seigle peut être quelquefois reconnu avec certitude ; d'autres fois il reste dans le doute.

Dans le pain : l'eau hygrométrique, la proportion de mie et de croûte, celle des cendres ; on calcule la proportion de farine sèche, qui sert de contrôle à la dessiccation et fait connaître au besoin si le pain est de mauvaise qualité ; on calcule le rendement de la farine en pain, et en dosant le chlore seulement dans les cendres on peut évaluer en peu de temps la proportion de sel employé par le boulanger. L'examen des caractères extérieurs du pain, son goût, son odeur, la rapidité avec laquelle il durcit, permettent de se rendre compte des conditions de la fabrication, et viennent donner un contrôle précieux aux résultats obtenus sur la farine pour les mélanges et pour la bonne qualité du froment. L'odeur et le goût peuvent faire reconnaître des proportions assez faibles de seigle, qui échappe souvent à l'examen de la farine sous le microscope.

B.—Tableau *de la composition des cendres de 10 échantillons de pains (dits* pains de maçon) *pris chez différents boulangers de Paris.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Proportion des cendres p. 100 de pain.	0,705	0,621	0,639	0,783	0,628	0,676	0,600	0,711	0,613	0.645
Comp. des cendres en centièmes.										
Acides chlorhydrique.	0,065	0,018	0,046	0,063	0,038	0,034	0,039	0,034	0,048	0,047
Acides sulfurique.	0,010	0,007	0,008	0,011	0,008	0,005	0,007	0,008	0,003	0,009
Acides phosphorique.	0,500	0,457	0,431	0,497	0,434	0,452	0,438	0,468	0,443	0,432
Acides carbonique.	»	»	»	»	»	»	0,003	»	0,019	»
Silice.	0,016	0,017	0,015	0,016	0,015	0,018	0,019	0,023	0,014	0 015
Sable et argile.	0,040	0,014	0,028	0,041	0,028	0,031	0,021	0,053	0,048	0,026
— et alcalis.	0,211	0,265	0,251	0,213	0,280	0,278	0,272	0,236	0,212	0,246
— et chaux.	0,111	0,159	0,156	0.112	0,145	0,152	0,144	0,154	0,162	0,155
— et oxyde de fer.	0,043	0,029	0,060	0,042	0,046	0,020	0,051	0,018	0,027	0,057
	0,096	0,996	0,995	0,995	0,994	0,993	0,994	0,994	0,992	0,987
Sel employé pour 1 k. de pain (en gr.)	0,705	0,174	0,446	0,780	0,409	0,419	0,432	0,433	0,521	0.513

A. — Tableau *des résultats obtenus pour vingt et un échantillons de pains différents.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Poids des pains (en grammes)		1920	1935	1965	1885	1892	1910	398	880	851	1545	1783
Rapport de la croûte à la mie		0,429	0,386	0,475	0,325	0,329	0,290	0,811	0,675	0,809	0,773	0,555
Pour 100 de pain	mie	70,00	72,16	67,78	74,90	75,21	77,52	55,22	59,68	55,28	56,39	64,31
	croûte	30,00	27,84	32,22	25,10	24,76	22,48	44,78	40,32	44,72	43,61	35,69
Eau hygrométrique	mie	42,50	42,80	44,80	43,90	44,00	41,50	40,49	42,06	42,83	41,18	43,51
	croûte	18,10	19,00	19,60	18,70	16,60	16,40	16,94	19,25	20,70	18,85	19,00
	pain	35,20	36,00	36,60	37,50	57,40	35,70	30,00	33,30	32,69	31,44	34,44
(α) Matières sèches p. 100 de pain		64,80	64,00	63,40	62,50	62,60	64,30	70,00	66,70	67,31	68,56	65,56
Cendres pour 100	mie	0,606	0,594	0,545	0,550	0,712	0,533	0,590	0,542	0,521	0,580	0,519
	croûte	0,9087	0,921	0,8[illegible]6	0,885	1,122	0,849	0,883	0,815	0,814	0,913	0,796
	pain	0,697	0,685	0,647	0,620	0,814	0,604	0,722	0,658	0,651	0,725	0,610
Rapport des cendres de croûte à mie		1,500	1,550	1,589	1,600	1,575	1,591	1,496	1,503	1,556	1,574	1,533
(6) Farine sèche pour 100 de pain		66,10	66,00	66,16	64,52	64,05	66,26	72,78	69,75	71,21	73,54	67,25
Différence (6) — (α)		1,30	2,00	2,76	2,02	1,45	1,96	2,78	3,05	3,90	4,98	1,69
Farine ordinaire pour 100 de pain		79,62	79,50	79,71	77,72	77,16	79,83	87,68	84,03	85,79	88,60	81,02
Rendement de 100 de farine		125,60	125,70	125,45	128,65	129,60	125,26	114,00	119,00	116,55	112,86	123,42

Observations. — Les nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 sont des pains de maçon, bien cuits, pris chez différents boulangers de Paris. Ils ont été mis en expérience dix-huit à vingt heures après leur sortie du four. La farine de froment, de bonne qualité, employée pour leur fabrication, contenait 17 p. 100 d'eau. — Le no 7 est un rondin peu cuit. — Le no 8 est un rondin un peu trop cuit, la croûte est brûlée par place. — Le no 9 est un pain fendu bien cuit; la croûte est résistante sans être brûlée. — Le no 10 est un pain de marchand de vin; la croûte est peu colorée, le goût est très-bon. — Le no 11 est un rondin long et bien cuit.

Les nos 7, 8, 9, 10, 11 paraissent avoir été faits avec de la farine de froment sans mélange. On a admis 17 p. 100 d'eau dans la farine comme dans les précédents.

A. — TABLEAU *des résultats obtenus pour vingt et un échantillons de pains différents.* (Suite.)

		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Poids des pains (en grammes)		1925	2011	1950	1098	1988	1983	1677	1665	1796	1829
Rapport de la croûte à la mie		0,451	0,479	0,560	0,391	0,492	0,478	0,493	0,584	0,464	0,364
Pour 100 de pain	mie	68,90	67,61	64,10	71,94	67,11	67,65	66,97	63,17	68,30	73,31
	croûte	31,10	32,39	35,90	28,06	32,89	32,35	33,03	36,83	31,70	26,69
Eau hygrométrique	mie	41,10	40,45	41,85	47,52	43,88	44,06	42,65	42,85	46,03	47,11
	croûte	17,67	18,55	19,00	19,42	20,01	19,80	17,83	17,77	26,44	22,16
	pain	33,79	33,47	33,64	39,63	35,75	36,22	34,45	33,60	40,01	40,44
(α) Matières sèches pour 100 de pain		66,21	66,53	36,26	60,37	64,25	63,78	65,55	66,40	59,99	59,56
Cendres pour 100	mie	0,541	0,500	0,487	0,591	0,500	0,723	0,719	0,724	0,708	0,589
	croûte	0,833	0,688	0,712	0,806	0,697	1,036	1,066	1,101	0,822	0,833
	pain	0,632	0,560	0,568	0,655	0,566	0,824	0,834	0,863	0,744	0,654
Rapport des cendres de croûte à mie		1,539	1,376	1,402	1,582	1,394	1,432	1,482	1,520	1,161	1,414
(Ɛ) Farine sèche pour 100 de pain		68,77	67,83	67,82	58,00	63,39	63,77	66,48	68,08	56,72	58,72
Différence (Ɛ) — (α)		2,55	1,30	1,46	2,37	0,86	1,01	0,93	1,68	3,27	0,83
Farine ordinaire pour 100 de pain		80,90	79,83	79,78	68,00	74,57	75,00	78,20	80,00	67,52	70,00
Rendement de 100 de farine		124,00	125,25	125,35	147,00	134,00	133,00	127,87	125,00	148,00	142,85

Observations. — Les nos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 sont des miches fabriquées avec des mélanges de farine de froment et de farine d'Amérique contenant un peu de maïs, de qualité passable pour les nos 12, 13, 14, et fermentée pour les autres; les nos 19 et 18 ont été cuits lentement et sont restés une heure entière au four; ils présentent la croûte très-épaisse et la mie un peu sèche. Comme les farines d'Amérique tiennent de 13 à 14 p. 100 d'eau, on a pris 15 p. 100 d'eau dans le mélange des farines pour base des calculs.

Les nos 20 et 21 sont des pains de maçon faits avec de la farine de froment et avec du seigle, et contenant 16 p. 100 d'eau hygrométrique.

MÉMOIRE
SUR LES ROCHES DES VOSGES.

Par M. DELESSE, ingénieur des mines (1).

MINETTE.

Je me propose de décrire la roche qu'on nomme généralement Minette et quelquefois porphyre micacé ou eurite micacée. Cette roche est bien connue des mineurs et des géologues, et c'est surtout dans les Vosges qu'elle a été étudiée.

Le mica est toujours abondant dans la Minette, et il dissimule en quelque sorte sa véritable composition minéralogique ; mais je suis parvenu à la déterminer en étudiant sur le terrain toutes les variétés de cette roche, et spécialement celles dans lesquelles la structure cristalline est la plus développée.

La Minette est formée d'orthose ou de pâte feldspathique et de mica ferro-magnésien.

Le plus souvent elle contient aussi de l'hornblende.

Sa composition est par conséquent tout à fait analogue à celle de la kersantite; toutefois dans la Minette, le feldspath appartient au cinquième système et sa base dominante est la potasse, tandis que, dans la kersantite, le feldspath appartient au sixième système et a pour base dominante la soude : ces deux roches diffèrent donc complétement par leurs feldspaths (2).

(1) Voir *Annales des mines*, 4ᵉ série : XII, 195, 283, 306 ; XIII, 667 ; XVI, 97, 367 ; XVIII, 509 ; XIX, 149 ; XX, 141. 5ᵉ série : III, 369 et 747.

(2) *Annales des mines*, 4ᵉ série, t. XIX, p. 183.

Composition de la Minette.

Je vais faire connaître d'une manière générale la composition de la Minette, je m'occuperai ensuite de ses principales variétés.

Minéraux constituants. Orthose.

— L'*orthose* est le plus important des minéraux de la Minette, cependant c'est seulement lorsque la roche est très-cristalline et pauvre en mica, qu'il devient bien visible. Il se présente alors en lamelles clivables et entre-croisées. Il se fond intimement dans la pâte et généralement il a d'ailleurs la même couleur : il est rouge, avec nuances brunâtres ou violacées. On l'observe très-bien dans la Minette de Bipierre et dans celle de Servance.

Quelquefois l'orthose est en cristaux très-nets, ayant plus d'un centimètre de longueur. Il est alors rose ou rouge de chair vif et il est maclé comme dans le porphyre. C'est ce qui a lieu, par exemple, dans la Minette du Pont-des-Fées et du Buisson-Ardent, près de Remiremont.

Le plus souvent on ne peut discerner les cristaux d'orthose dans la Minette; mais avec la loupe, on y reconnaît très-bien une pâte feldspathique, et l'analyse nous montrera plus loin que sa composition est très-voisine de celle de l'orthose.

Feldspath du 6[e] système.

— Je n'ai pas observé de *feldspath du sixième système* dans là Minette bien caractérisée; il n'y en a guère que dans les variétés de cette roche qui sont très-feldspathiques et qui passent au porphyre ou à l'eurite.

La grande rareté du feldspath du sixième système mérite en tout cas d'être signalée, car elle distingue la Minette de la kersantite.

Il doit d'ailleurs exister des roches micacées intermédiaires dans lesquelles les deux feldspaths se trouvent réunis et en différentes proportions.

—Le mica est le minéral le plus caractéristique et le plus constant de la Minette; il importe donc de l'étudier avec beaucoup de soin. Mica ferro-magnésien.

Ce mica est essentiellement à base de fer et de magnésie; aussi l'appellerai-je *mica ferro-magnésien*.

Il est brun, brun-tombac, noirâtre et quelquefois verdâtre : sa couleur est toujours foncée. Il est translucide, et, vu par réfraction, il a une couleur brun rouge. Pulvérisé, il est gris, légèrement brunâtre.

Lorsqu'il a été altéré par l'action de l'air, il prend une nuance grisâtre et des reflets bronzés. Très-fortement décomposé, il perd même son oxyde de fer ainsi que sa magnésie, et devient blanchâtre.

Il se présente en lamelles très-minces qui ont habituellement quelques millimètres. Souvent ces lamelles sont microscopiques. Quelquefois, au contraire, elles atteignent un centimètre.

Dans la Minette du Frabois, elles sont extrêmement développées et elles forment même des parallélogrammes ayant plusieurs centimètres de longueur sur un centimètre de largeur.

Ordinairement, elles sont hexagonales et le goniomètre d'application montre que leur angle plan diffère peu de 120°. Elles s'entre-croisent irrégulièrement dans tous les sens, mais elles peuvent aussi être orientées parallèlement aux parois du filon, et la Minette prend alors une structure schistoïde.

La densité du mica de la Minette est ... 2,842.

Elle est un peu supérieure à celle du mica magnésien qui est habituel au calcaire saccharoïde (1).

Dans le polariscope d'Amici, ce mica montre deux branches d'hyperbole qui sont très-rapprochées et qui ressemblent au premier abord à une croix noire. Il a

(1) *Annales des mines* (1851), t. XX, p. 141.

donc deux axes de double réfraction qui font entre eux un angle très-petit. Cet angle doit être inférieur à 5° (1).

Au chalumeau, le mica ferro-magnésien fond assez difficilement et donne un verre gris brunâtre. Il est d'ailleurs complétement fusible à la température des fours de verrerie.

Avec le carbonate de soude, sur le fil de platine, il produit une effervescence et des squelettes tournoient dans la perle sans se dissoudre. Sur la feuille de platine, on a une perle vert brunâtre et on reconnaît la présence du manganèse.

Avec le borax, la dissolution est complète et facile : on remarque un bouillonnement lorsqu'on commence à souffler : la perle a une couleur vert jaunâtre qui devient vert clair quand on ajoute un peu de nitre.

Avec le sel de phosphore, la dissolution est très-facile et accompagnée de bouillonnement. La perle a une couleur jaune orangé à chaud; elle devient opaline, et elle prend une couleur verdâtre à froid. L'addition d'étain lui donne la couleur vert bleuâtre pâle qui est due au fer.

Lorsqu'il est calciné, il prend une couleur brun-tombac clair à reflets cuivrés. Sa perte au feu s'élève à 3,70. Quand il est chauffé au rouge blanc, du fluoride silicique se dégage avec l'eau. Au rouge, sa perte est seulement de 2,90; on peut admettre qu'elle représente la quantité d'eau.

Un caractère très-important du mica ferro-magnésien est de s'attaquer facilement par les acides.

Il devient alors blanc, nacré, et il conserve sa forme de paillettes. Avec l'acide sulfurique la réaction a lieu même à froid : elle est accompagnée de chaleur et d'un petit dégagement d'acide fluorhydrique.

L'acide chlorhydrique décolore assez promptement le

---

(1) Dana. *Mineralogy*, fourth edit. II Mica, p. 225.

mica ferro-magnésien, lors même qu'il n'a pas été porphyrisé et qu'il est encore en lamelles. Cependant l'attaque complète par l'acide chlorhydrique est difficile, bien que certaines bases, telles que les oxydes de fer et de magnésie, le dissolvent immédiatement.

Pour analyser ce mica, je l'ai décomposé par l'acide fluorhydrique; j'ai fait en outre des attaques par les carbonates alcalins afin de doser la silice et le fluor. Le protoxyde de fer a été déterminé par le chlorure d'or et de soude, ou moyen d'une attaque spéciale par l'acide chlorhydrique.

L'existence de la lithine a été constatée par l'hygrométricité des sels alcalins provenant du mica, par l'action qu'ils exerçaient sur le platine, par la couleur rouge qu'ils donnaient à la flamme du chalumeau. Cet alcali a été dosé par le phosphate de soude.

Je n'ai pas recherché s'il y avait du phosphore ou du bore dont l'existence a déjà été signalée dans les micas.

Le mica que j'ai analysé était très-pur, ses lamelles avaient plusieurs millimètres de longueur et une couleur brune foncée. Il avait été extrait de la Minette de Servance.

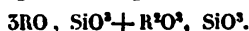
Je lui ai trouvé la composition moyenne suivante:

Mica de Servance.

		Oxygène.	
Silice	41,20	»	21,404
Alumine	12,37	5,778	8,132
Sesquioxyde de manganèse	1,67	0,505	
Sesquioxyde de fer	6,03	1,849	
Protoxyde de fer	3,48	0,792	10,410
Chaux	1,63	0,458	
Magnésie	19,03	7,366	
Potasse	7,94	1,346	
Soude	1,28	0,327	
Lithine	0,22	0,121	
Fluor	1,06	»	
Eau	2,90	2,558	
Somme	98,81		

On voit que le mica ferro-magnésien de la Minette a pour bases principales les oxydes de fer et de magnésie. Il renferme cependant de l'alumine et des alcalis : indépendamment de la potasse, on y trouve d'ailleurs de la soude et même un peu de lithine. Il est en outre assez riche en fluor.

Si l'on admet, comme on l'a déjà fait pour d'autres minéraux, qu'une petite partie de la silice remplace de l'alumine ou des oxydes à trois atomes d'oxygène, ce mica se laissera représenter par la formule simple :



$$3RO, SiO^3 + R^2O^3, SiO^3.$$

Il aurait donc la même formule que les micas à base de fer et de magnésie et que le grenat.

Le mica ferro-magnésien appartient d'ailleurs à l'espèce qui comprend le mica du Vésuve, et à laquelle M. Dana a conservé le nom de *Biotite* (1) ; c'est aussi une variété du mica magnésien de M. Rammelsberg (2).

Quand on le compare à d'autres micas qui constituent les roches, on voit qu'il a en quelque sorte pour limites le mica magnésien (phlogopite) du calcaire saccharoïde et le mica ferreux de la protogine (3). Dans le premier de ces micas, la base dominante est en effet la magnésie ; dans le deuxième, c'est au contraire l'oxyde de fer.

Les différences dans les propriétés de ces micas paraissent surtout tenir à ces différences dans leurs bases dominantes.

Les oxydes de fer et la magnésie y varient en sens inverse l'un de l'autre ; en sorte que tous ces micas, riches en fer ou en magnésie, semblent former une série

(1) Dana. *A system of Mineralogy*, fourth edit. II, p. 225.

(2) Rammelsberg. *Handworterbuch*, etc. Magnesiaglimmer.

(3) *Bulletin de la Société géologique de France* [2], IX, 121. — *Annales de chimie et de physique* [3], XXV.

continue, comprenant le mica ferro-magnésien, dans laquelle le mica magnésien et le mica ferreux seraient les termes extrêmes.

— La Minette contient généralement une substance verte qui me paraît être de l'*hornblende* décomposée. Hornblende.

Cette substance ne s'observe jamais qu'à un état d'altération déjà avancé. Elle a une couleur vert grisâtre, vert-pistache ou vert foncé. Pulvérisée, elle prend toujours une couleur vert pâle. Son éclat est gras et cireux. Sa dureté est assez faible pour qu'on puisse la rayer avec l'ongle.

Elle cristallise en prisme quadrangulaire, quelquefois tronqué sur les arêtes latérales. L'angle obtus de ce prisme a été mesuré au goniomètre d'application; il est à peu près de 125 degrés. Parallèlement à ses faces, il existe encore des indices de clivages; mais sa cassure est terne et rappelle une matière argileuse.

Ses cristaux sont allongés et peuvent atteindre plusieurs millimètres.

Au chalumeau, cette substance devient blanc grisâtre, s'arrondit sur les bords et fond en un verre blanchâtre. Le sel de phosphore la dissout toute entière. La coloration de la perle, due à de l'oxyde de fer, disparaît presque complétement par le refroidissement; par conséquent, il y a peu d'oxyde de fer. Dans le tube fermé, il est facile de constater qu'elle renferme beaucoup d'eau.

Lorsqu'on la fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique concentré, elle se gonfle et de plus elle s'attaque, mais jamais complétement. J'ai reconnu, par exemple, que porphyrisée et calcinée, elle retient encore une quantité de bases égale au dixième de son poids, après une ébullition prolongée dans l'acide chlorhydrique : la chaux, l'oxyde de fer, ainsi que la magnésie, ont été presque

entièrement enlevés, et il reste surtout de l'alumine.

La Minette des Traits-de-Roche contient des cristaux allongés qui sont très-nets, et qui ont une couleur vert-grisâtre clair. J'ai fait un essai de quelques décigrammes bien purs, que je suis parvenu à isoler, et j'ai trouvé pour leur composition :

Hornblende décomposée de la Minette.

Silice	43,64
Alumine.	12,50
Protoxyde de fer.	5,19
Protoxyde de manganèse.	0,93
Chaux.	9,10
Magnésie (diff.) (1). . . .	17,74
Eau.	10,90
Somme.	100,00

La composition de cette substance se rapproche de celle de l'hornblende qui se trouve dans les roches. En effet, les teneurs en silice, en alumine et en magnésie sont les mêmes. Il est vrai qu'il y a moins d'oxyde de fer et de chaux, et que la proportion d'eau est au contraire beaucoup plus grande; mais des analyses faites par M. Rammelsberg montrent que l'hornblende ou l'augite décomposés ont quelquefois une composition voisine de celle de la substance que nous examinons (2). Malgré les différences très notables que cette substance présente avec l'hornblende, tant par sa faible dureté, que par sa compacité et par sa grande teneur en eau, je pense donc qu'on doit la regarder comme de l'hornblende : ce serait seulement de l'hornblende décomposée.

Elle a sans doute été partiellement modifiée par pseu-

(1) S'il existe des alcalis, il n'y en a pas plus de 3 centièmes, et ils seraient compris dans le nombre donné pour la magnésie.

(2) *Poggendorff Annalen*, t. LXII, p. 144 et t. XLIX, p. 387.

domorphose ; ce qui explique pourquoi sa composition ne se rapporte à celle d'aucun minéral défini.

Son altération paraît d'ailleurs être d'autant plus grande que la Minette est plus micacée ; car dans la Minette feldspathique et porphyroïde les cristaux d'hornblende sont facilement reconnaissables.

On les observe surtout très-bien dans l'eurite micacée, qui ne diffère pas essentiellement de la Minette, à laquelle elle passe quand elle se charge de mica.

—Il existe encore d'autres minéraux dans la Minette ; mais ils sont accidentels et généralement en petite quantité ; ils sont d'ailleurs tantôt disséminés, tantôt enclavés, et leur gisement est mixte. Ces minéraux sont : le quartz, la chlorite, les carbonates. **Minéraux accidentels.**

Le *quartz* est rare dans la Minette, et ce fait mérite d'être signalé d'une manière spéciale, car la Minette est une roche à base d'orthose, feldspath qui est presque invariablement associé au quartz. **Quartz.**

Le quartz s'observe accidentellement dans la Minette du mont Chauve, de Ranfaing, de la ferme du Bambois. Il s'y montre en petits nodules ayant quelquefois la forme de gouttelettes, et pouvant même se détacher de la pâte.

Mais le plus généralement la Minette ne contient pas de quartz, et comme l'a remarqué M. Élie de Beaumont, son absence est démontrée par l'usage que les mineurs font de cette roche pour bourrer les coups de mine (1).

Dans les acides, la Minette fait assez souvent une légère effervescence due au mélange de *carbonates*, qui tantôt sont à base de chaux et tantôt contiennent de la magnésie et du fer. Ces carbonates sont généralement invisibles et disséminés dans la roche. **Carbonates.**

---

(1) *Explication de la carte géologique de France*, I, p. 370.

nette de Bipierre

entièrement enlevés, et il reste *es*, et il y en a jus-

La Minette des Traits-de-Ro *kemback.*

allongés qui sont très-nets, e *s*, qui est à un état de

grisâtre clair. J'ai fait un es *nferme* pas de carbonates.

bien purs, que je suis p *dans* la Minette de la vallée

pour leur composition : *orte* aucune trace de décom-

Hornblende

Silice *urs*, de remarquer que la Minette

Alumi *rbonate*, celle de Wakemback, est

Prot *s* couches calcaires, et que ses pores

Pr

C' *ont* dû être remplis par des infiltrations

bonatée.

s minéraux métalliques de la Minette; on

fer oxydulé, le *fer oligiste*, la *pyrite de fer*,

La c *cuivre*.

celle d *oxydulé* est fréquent, bien qu'en très-petite

effet. Il se présente en grains disséminés qui se re-

sont *issent* surtout très-bien quand la roche est polie.

fer *rend* facilement compte de sa présence, puisqu'il

t *s* dans la plupart des roches avec hornblende.

Le fer oligiste paraît accidentel; cependant, à Rothau,

le trouve dans la Minette même.

La pyrite de fer est assez rare; il y en a toutefois *dans* la Minette de Schirmeck, de Rothau et de Framont.

— Tous les minéraux de la Minette sont enveloppés par une *pâte feldspathique* qui forme une grande partie de la roche, et qu'il importe, par conséquent, d'étudier d'une manière spéciale.

Elle a une couleur qui varie du rouge au brun marron, au brun noirâtre et au noir; cette couleur paraît due surtout aux oxydes de fer et de manganèse. On y distingue accidentellement des lamelles d'orthose qui s'y

...ment. Elle a une cassure compacte, ...hyre; mais elle est beaucoup moins ...très-tendre, elle a ordinairement ...u grisâtre. Elle contient de l'eau.

...a pâte de la Minette porphyroïde de Ser- ... pâte est rouge brunâtre, et elle peut être ...mplétement séparée du mica. J'ai trouvé pour ...osition :

Pâte de la Minette de Servance.

Silice	62,92
Alumine	16,30
Oxyde de fer	2,20
Oxyde de manganèse	0,60
Chaux	1,20
Magnésie	2,35
Potasse et soude (diff.)	12,93
Eau	1,50
Somme	100,00

La pâte de la Minette a une composition qui n'est pas définie, mais qui diffère peu de celle de l'orthose. Elle contient seulement plus de magnésie et plus d'oxydes de fer ou de manganèse : c'est peut être l'excès de ces bases qui a empêché la cristallisation de l'orthose. La composition de cette pâte la rapproche de l'orthose fauve ou rougeâtre de la Syénite des Ballons (1).

— Je considère maintenant la *Minette* elle-même, et je fais connaître ses principaux caractères. Minette.

Ils résultent immédiatement des minéraux qui la composent.

La Minette présente généralement la même couleur que son mica, à laquelle se mêle plus ou moins celle de

(1) *Annales des mines*, 4e série, t. XIII, p. 667.

sa pâte. Cette couleur est foncée, et varie du brun au noir; il est plus rare qu'elle tire sur le vert. Par altération, elle devient brun rougeâtre, violacée, rouge lie de vin ou brun noirâtre; elle doit alors sa couleur à un mélange d'hydroxydes de fer et de manganèse.

La Minette raye le verre lorsqu'elle n'a pas été altérée. Elle n'est pas dure et sonore comme le porphyre; mais elle s'écrase sous le marteau, dont elle conserve l'empreinte. Bien qu'elle soit assez tenace, on peut la tailler facilement.

Les mêmes propriétés s'observent dans la pierre ollaire et aussi dans le kersanton, comme dans toutes les roches qui renferment beaucoup de mica.

La Minette est toujours un peu poreuse.

Quand elle a reçu le poli, on distingue beaucoup plus facilement les minéraux qui la composent.

J'ai obtenu pour sa densité... 2,65.

Cette densité a pour limite inférieure celle de l'orthose, et pour limite supérieure celle du mica; on peut donc admettre qu'elle est comprise entre 2,5 et 2,9.

La Minette contient environ 2 p. 100 d'eau. J'ai trouvé, par exemple, qu'une Minette de la vallée de la Vologne en renfermait... 2,25.

Lorsque la roche est altérée, sa quantité d'eau augmente.

La Minette fond facilement, et même on l'employait comme fondant dans le haut fourneau de Rothau (1). A la température du four de verrerie, elle est entièrement liquide et elle corrode fortement les creusets (2).

Lorsqu'on traite la Minette par l'acide chlorhydrique,

---

(1) Élie de Beaumont. *Annales des mines*, 1822, t. VII, p. 525.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, 2e série, t. IV, p. 1380: *Recherches sur les verres provenant de la fusion des roches.*

elle se décolore et elle devient blanc jaunâtre; mais elle n'est cependant pas complétement décomposée. Sa pâte feldspathique résiste en partie à l'acide; elle perd surtout son oxyde de fer. La chaux de la roche est également dissoute. Quant au mica ferro-magnésien, il est décomposé.

J'ai constaté, par exemple, que la Minette du Ballon d'Alsace, dont je vais donner l'analyse, éprouve par l'acide chlorhydrique une perte supérieure à 30 p. 100.

Cette Minette renferme aussi un peu de carbonate; afin de doser l'acide carbonique correspondant, on a traité la roche par de l'acide sulfurique dans l'appareil connu, et l'on a déterminé sa perte. Cette perte est sans doute légèrement supérieure à celle qui correspond à l'acide carbonique; car, indépendamment de cet acide, il a dû se dégager aussi un peu d'acide fluorhydrique provenant du mica qui s'attaque aisément : elle est de 1,94 p. 100.

J'ai analysé la Minette brun grisâtre du Ballon d'Alsace qui est très-riche en mica, et qu'on peut citer comme un type de cette roche; j'ai trouvé pour sa composition :

Minette du Ballon d'Alsace.

Silice	56,96
Alumine	12,95
Sesquioxyde de manganèse	0,65
Oxyde de fer	7,58
Chaux	4,63
Magnésie	6,62
Potasse	4,35
Soude et un peu de lithine	2,22
Cuivre	traces.
Eau	1.44
Acide carbonique	1,94
Somme	99.34

La Minette n'est pas uniquement formée de mica,

comme on serait porté à le croire au premier abord.

L'examen à la loupe y montre une pâte feldspathique, du mica, et le plus souvent de l'hornblende. Dans la Minette du Ballon d'Alsace, l'hornblende paraît d'ailleurs peu abondante.

Il résulte de la composition donnée pour ces trois substances, que c'est la pâte feldspathique et non pas le mica qui constitue la plus grande partie de la roche. Car une Minette uniquement formée de pâte feldspathique et de mica, qui renfermerait seulement 55 de silice, contiendrait encore plus de 60 p. 100 de pâte feldspathique.

Bien qu'elle soit riche en mica, la Minette est donc essentiellement une roche feldspathique.

Elle est à base d'orthose comme le porphyre; mais sa teneur en silice qui est beaucoup plus faible varie de 50 à 65.

Elle renferme aussi plus de magnésie et plus d'oxyde de fer que le porphyre.

La potasse est son alcali dominant.

La teneur en silice de la Minette est très-faible; on peut même la regarder comme une limite inférieure pour les roches à base d'orthose.

Minéraux enclavés. — Jusqu'à présent nous nous sommes occupé seulement des minéraux disséminés dans la Minette, il nous reste à parler de ceux qui y sont enclavés.

Ces minéraux sont : la chaux carbonatée, la chlorite, le quartz, la krokidolithe, l'épidote, l'halloysite.

Il faut y joindre des minéraux métalliques, tels que le fer oligiste et les gangues qui leur sont habituelles dans les filons; ainsi la Minette du Them, par exemple, est traversée par des veines de fer oligiste associé à de la baryte sulfatée.

La Minette qui se trouve entre Sailes et Vaux dans le

Lyonnais, contient de même de la baryte sulfatée et en outre du spath-fluor (1).

— Comme on devait s'y attendre, on retrouve enclavés dans la Minette une partie des minéraux qui y sont disséminés; je remarquerai cependant qu'on n'y observe pas ses minéraux constituants, savoir : l'orthose, le mica, l'hornblende.

— La *chaux carbonatée* est spathique, généralement blanche. Souvent aussi elle est ferrifère et alors, quand elle est altérée, elle prend une couleur rouge très-vive. Elle remplit des cavités ou bien elle forme des nodules, des veines et des filons. Chaux carbonatée.

Lorsque la Minette traverse des couches calcaires, il est possible que sa chaux carbonatée résulte d'infiltrations.

Cependant il peut y avoir aussi un peu de chaux carbonatée dans la Minette enclavée dans les roches granitiques. De petits rhomboèdres tapissent en effet les cellules de la Minette du Ballon dont j'ai donné l'analyse (page 529). Ces rhomboèdres paraissent même formés par une chaux carbonatée magnésienne.

J'ai encore observé dans la Minette de la chaux carbonatée fibreuse. Elle présente des veinules allongées qui serpentent dans la roche, comme on peut le voir à la partie supérieure de la grande carrière de Schirmeck. Elle a une couleur grisâtre ou bleuâtre. Ses fibres sont parallèles, transverses à la direction des veinules et elles se réunissent sur une ligne médiane (Pl. X, *fig.* 1). Les veinules de chaux carbonatée fibreuse ont seulement quelques millimètres de largeur. Elles contiennent quelquefois beaucoup de quartz. On y distingue

(1) Fournet. *Minéralogie et Pétralogie des environs de Lyon par Drian*, p. 283.

très-bien des paillettes de mica, qui y sont enveloppées et qui sont généralement vers la ligne médiane.

Il n'est pas inutile de remarquer ici que la chaux carbonatée fibreuse se trouve aussi dans des trapps et dans des roches éruptives dont la composition est très-différente de celle de la Minette.

Chlorite. — La chaux carbonatée qui se trouve comme d'habitude à la circonférence des nodules est généralement accompagnée de la variété de *chlorite* qu'on nomme ripidolithe. Cette dernière est verte foncée ou noirâtre et ses paillettes sont microscopiques.

La Minette avec nodules de chaux carbonatée et de chlorite s'observe par exemple dans la carrière de pierre à chaux de Schirmeck.

Quartz. — La Minette ayant une teneur en silice peu élevée, il est facile de comprendre pourquoi le *quartz* y est rare. Ce quartz forme des amandes, des nodules ou des filons. Il se rencontre dans la Minette du Haut-du-Them et dans celle de Wakemback.

A Wakemback, le quartz est en filons avec la krokidolithe; il se montre aussi en amandes dans la Minette. Dans ces amandes, il est généralement accompagné de chaux carbonatée qui se trouve au centre, tandis qu'il est à la circonférence. La *fig.* 2, Pl. X, montre comment le quartz et la chaux carbonatée sont disposés. Quelquefois cependant c'est le quartz qui est au centre et la chaux carbonatée à la circonférence.

Les amandes ont toujours leur grand axe parallèle aux parois du filon de Minette.

Épidote. — L'*épidote* forme accidentellement des nodules et elle remplit aussi de petites cavités dans la Minette compacte des environs de Saales.

Halloysite — Lorsque la Minette est altérée, on y trouve fréquemment une *halloysite* qui est vert jaunâtre et douce

toucher. Elle tapisse ses fissures et elle ne diffère pas de celle qui s'observe dans les roches granitiques en décomposition.

— La *krokidolithe* est une substance fort rare et qui, jusqu'à présent, n'avait pas été signalée dans les Vosges. Celle qu'on voit dans nos collections provient du Cap de Bonne-Espérance ; elle a été examinée par Klaproth et Stromeyer. On ignore d'ailleurs quel est son gisement. **Krokidolithe.**

Comme la krokidolithe des Vosges se trouve, au contraire, dans un gisement bien connu, il m'a paru que, sous plusieurs rapports, il était intéressant de l'étudier avec quelque soin.

Elle a une belle coulèur bleu de ciel. Sa structure est celle de l'asbeste; ses fibres sont extrêmement fines, et quelquefois elles ont plusieurs centimètres de longueur. Au moment où elles sortent de la carrière, elles sont tout à fait molles et elles retiennent beaucoup d'eau ; mais quand elles sont desséchées, elles deviennent élastiques ; elles prennent en outre un éclat nacré et soyeux.

A l'état naturel, la krokidolithe ne s'écrase pas sous le pilon ; il est nécessaire de la couper avec des ciseaux et de la calciner pour pouvoir la porphyriser.

Chauffée dans le tube, elle donne de l'eau ayant une odeur légèrement empyreumatique. Sa couleur tire alors sur le bleu-grisâtre foncé.

Quand on la chauffe à l'air, elle prend une couleur rouge de brique ; il se produit donc une suroxydation du protoxyde de fer qu'elle renferme.

Au chalumeau, elle fond facilement en un émail noir éclatant qui est attirable à l'aimant.

Avec le carbonate de soude, on a la couleur verte indiquant la présence du manganèse.

Elle ne renferme pas de cuivre.

Quand on fait bouillir la krokidolithe avec de l'acide nitrique concentré, du nitrate d'argent versé dans la liqueur indique qu'une trace de chlorure est entrée en dissolution. Toutefois elle ne s'altère pas sensiblement quand on la chauffe avec de l'acide chlorhydrique ou sulfurique, ou bien avec de l'eau régale.

Elle prend même une couleur bleue plus belle, en sorte que les acides peuvent être employés pour la purifier et la débarrasser de l'oxyde de fer et de la Minette qui l'accompagnent. Il est assez remarquable qu'un silicate très-riche en fer, comme la krokidolithe, ne soit pas attaqué par les acides.

Elle s'attaque du reste quand on la fait fondre avec un carbonate alcalin; mais elle est cependant très-difficile à décomposer. Aussi, pour obtenir de la silice pure et exempte de fer, est-il nécessaire d'opérer sur la matière porphyrisée et de maintenir pendant quelque temps la masse en fusion. La silice conserve d'ailleurs la forme des fibres. La krokidolithe est donc un minéral d'une stabilité remarquable qui résiste aux acides et qui s'attaque difficilement par les carbonates alcalins.

J'ai constaté qu'elle renferme du chlore et un peu d'acide phosphorique. Bien que l'acide phosphorique s'y trouve en très-petite quantité, il a été reconnu à l'aide du molybdate d'ammoniaque. Son dosage a eu lieu à l'état de phosphate de chaux.

Je n'ai pas trouvé de soufre dans la krokidolithe, par conséquent sa couleur bleue ne saurait être attribuée à un sulfure.

Il importe d'ailleurs de remarquer que les minéraux qui ont une belle couleur bleue, comparable à celle de la krokidolithe, contiennent soit du chlore, comme la

haüyne, soit de l'acide phosphorique comme le lazulithe (1).

La krokidolithe renferme seulement une légère trace d'alumine.

J'y ai trouvé, indépendamment de la soude, une petite quantité de potasse.

J'ai analysé la krokidolithe de Wakemback qui est en filons dans la Minette. Après l'avoir calcinée, je l'ai triée avec soin, de manière à la séparer aussi complétement que possible du quartz avec lequel elle est associée de la manière la plus intime : malgré le soin apporté dans cette opération, il serait possible cependant que la quantité de silice fût un peu trop grande par suite d'un mélange de quartz. J'ai trouvé pour la composition de cette krokidolithe :

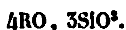
Krokidolithe de Wakemback.

			Oxygène.	Rapports.
Silice	53,02		27,549	9
Alumine	traces.			
Protoxyde de fer	25,62	5,829	11,696	4
Protoxyde de Manganèse	0,50	0,112		
Chaux	1,10	0,309		
Magnésie	10,14	3,924		
Soude	5,69	1,456		
Potasse	0,39	0,066		
Eau	2,52			
Chlore	0,41			
Acide phosphorique	0,17			
Somme	99,56			

Si l'on compare la composition de la krokidolithe des Vosges avec celle du Cap, on voit qu'elle en diffère en ce qu'elle contient moins d'eau, moins de soude et surtout moins de fer. Ces bases y sont remplacées par une proportion correspondante de magnésie. En admet-

(1) Rammelsberg. *Handworterbuch* : Haüyn, Nosean, Lazurstein, p. 297. Lazulith, IIe Supplément, p. 85.

tant que tout le fer se trouve à l'état de protoxyde, ce qui est très-vraisemblable, le calcul des proportions d'oxygène de la silice et des bases à un atome conduit à la formule de l'amphibole



$$4RO, 3SiO^3.$$

La krokidolithe est donc une variété de l'amphibole et celle des Vosges aurait à peu près pour formule



$$[2(MgO,NaO),SiO^3] + 2FeO,SiO^3.$$

Par sa composition, la krokidolite se rapproche d'ailleurs beaucoup de l'arfvedsonite qui est également une amphibole à base de fer et de soude et qui contient comme elle un peu de chlore



$$NaO, SiO^3 + 3FeO, 2SiO^3.$$

Il est vrai que la couleur et les propriétés physiques de ces deux minéraux, ne sont pas les mêmes; mais, indépendamment des différences que présente leur composition, cela peut tenir à ce que la krokidolithe est à l'état d'asbeste.

Les idées de M. Mitscherlich sur l'isomorphisme simplifient d'ailleurs d'une manière si heureuse l'étude des substances minérales, qu'on doit tendre autant que possible à les appliquer, lors même qu'elles réunissent des substances en apparence très-différentes.

Je pense donc que la krokidolithe n'est pas une espèce minérale distincte; mais simplement une variété de l'amphibole; c'est une asbeste qui se distingue de l'asbeste amphibolique ordinaire par une couleur bleue tout à fait caractéristique, par sa facile fusibilité, ainsi que par la grande quantité de soude et de protoxyde de fer qu'elle renferme. Sa composition la rapproche, du reste, beaucoup de l'arfwedsonite, dont elle est en quelque sorte l'asbeste.

La krokidolithe se trouve dans les Vosges à Wakemback et à Noire-Maison.

Elle forme des nodules, des veines, de petits filons qui sont enclavés dans la Minette ou qui en sont peu distants. Les filons sont généralement parallèles à ceux de Minette. La krokidolithe y est associée au quartz dans lequel ses fibres se répandent. Elle est aussi accompagnée par de la chaux carbonatée, de la pyrite, de l'oxyde de fer, de la chlorite vert noirâtre et même de l'épidote (*fig.* 3, Pl. X).

Le plus souvent la krokidolithe présente des fibres parallèles qui sont transversales aux filons et qui se réunissent sur une ligne médiane.

Quelquefois aussi ses fibres sont groupées en étoile, comme on le voit sur la *fig.* 3, prise dans la carrière de marbre de Wakemback.

Des nodules renfermant de la krokidolithe et de beaux cristaux d'épidote vert pistache, s'observent également dans la carrière de Wakembach (*fig.* 9, Pl. X). Ils se trouvent près du contact de la Minette et dans la grauwacke feldspathique *g* qui, en ce point, est elle-même complétement pénétrée d'épidote.

L'association de la krokidolite avec du fer oligiste, le chlore qu'elle contient, son gisement et son état filamenteux, sembleraient indiquer qu'elle s'est produite par sublimation et par l'action de vapeurs contenant du chlore (1).

La krokidolithe du fleuve Orange au Cap de Bonne-Espérance est une substance fort rare : cependant on l'a employée comme matière colorante, et elle a l'avan-

---

(1) Voir les travaux de MM. Daubrée, Durocher, Scacchi, sur la production des minéraux par sublimation. (*Annales des mines*, t. XVI, p. 146 et suivantes; *Rendiconto della R. Academia.* Napoli, 1852.)

tage d'être bien fixe. Quoique la krokidolithe des Vosges n'ait pas une couleur bleue aussi belle et aussi foncée, elle est assez abondante sur quelques points de la carrière de marbre de Wakemback, et il y aurait peut-être lieu de rechercher si elle ne serait pas susceptible de quelque emploi.

Variétés de la Minette.

— Après avoir décrit les caractères généraux de la Minette, il me reste à faire connaître ses principales variétés (1).

Minette porphyroïde.

— Je distinguerai d'abord la *Minette porphyroïde*. Elle s'observe près de Servance; elle a aussi été recueillie par le docteur Carrière sur le versant nord de Bipierre, route de la Voëte-Basse, au-dessus du haut fourneau de Framont.

La Minette porphyroïde est très-feldspathique. Les cristaux d'orthose y ont quelquefois plusieurs centimètres : leur couleur rouge de chair se détache sur le fond brun noirâtre de la roche à laquelle ils donnent la structure du porphyre.

L'hornblende et même le mica peuvent aussi rendre la Minette légèrement porphyroïde : c'est par exemple ce qui a lieu pour la Minette de Schirmeck.

Minette adelogène.

— Le plus généralement le mica est facile à distinguer dans la Minette et il lui donne un aspect caractéristique; mais quand il devient microscopique ou quand la structure cristalline disparaissant, il n'a pas pu se former, on a une roche de couleur brune, verte ou noirâtre dont la détermination présente quelques difficultés. Cette roche est une *Minette adelogène* ou une variété de l'eurite.

(1) Trois variétés de Minette sont représentées par les *fig.* 7, 8 et 9, Pl. II. (*Annales des mines*, 4e série, t. XIX.)

— Il est rare de trouver des roches à bases d'orthose qui soient celluleuses ; on peut citer cependant les trachytes et quelques pegmatites. On doit y ajouter aussi la Minette. Minette celluleuse.

Je citerai comme exemple la Minette de la carrière de pierre à chaux de Schirmeck. Elle paraît compacte au premier abord, mais elle renferme cependant un grand nombre de petites cellules ayant au plus quelques millimètres de longueur. La *fig.* 4 donne une idée de leur forme. Elles contiennent de la chaux carbonatée ferrifère *c* qui devient rouge vif en s'altérant. Quelquefois aussi on y trouve de la chlorite vert foncé qui est à la circonférence.

Les cellules de la Minette sont ordinairement entourées par une petite zone *z* qui a une couleur jaunâtre plus claire que le reste de la pâte *m* ; elle est aussi plus dure et plus siliceuse (*fig.* 4).

Une zone semblable borde également les cellules des mélaphyres (1).

Dans la *Minette celluleuse* les cellules sont toujours petites et souvent même microscopiques ; mais elles apparaissent lorsqu'on plonge la roche dans un acide ou lorsqu'on examine les parties exposées à l'action de l'air. Elles sont lisses à l'extérieur ; elles ont une forme irrégulière et allongée. Elles sont généralement remplies de chaux carbonatée et de chlorite, plus rarement de quartz. On n'y trouve pas de zéolithes.

Il importe d'ailleurs de remarquer que toutes les variétés de Minette paraissent plus ou moins celluleuses, lorsqu'on les examine à la loupe.

— Je nommerai *Minette tachetée* (eurite tigrée) une roche qui forme des filons dans le granite de Ran- Minette tachetée.

(1) *Annales des mines*, 4e série, t. XII, p. 195.

faing (1) : c'est une variété de Minette celluleuse qui présente des taches vertes.

Elle est très-peu cristalline et le mica y est rare ; sa pâte est celluleuse et rude au toucher ; elle a une couleur brun violacé, parsemée de taches vertes plus ou foncées. Quand on examine ces taches, on y observe de petites cellules allongées et anguleuses qui rappellent celle des laves, mais qui sont moins grandes et moins nombreuses (*fig.* 5). Ces cellules sont généralement remplies de chaux carbonatée et de chlorite ou de terre verte en paillettes microscopiques vert foncé. Accidentellement on y trouve même un peu de quartz hyalin gris. Autour des cellules la pâte a d'ailleurs pris une couleur verte qui tranche sur le fond brun de la roche et lui donne un aspect tacheté.

La Minette tachetée se rencontre à Ranfaing, au Tholy et dans la vallée de Plancher-les-Mines, un peu au-delà de la scierie Saint-Antoine.

Il est remarquable que la Minette ait une structure celluleuse, car les roches à base d'orthose sont le plus généralement compactes. Il est remarquable aussi que les minéraux remplissant ses cellules soient la chaux carbonatée, la chlorite, le quartz qu'on retrouve également dans le mélaphyre et en général dans les roches ayant pour base un feldspath du sixième système : le mica et l'hornblende sont d'ailleurs les minéraux constituants de la kersantite et de la diorite. La Minette forme donc la transition entre les roches à base d'orthose et celles qui sont à base de feldspath du sixième système ; elle établit un lien et une certaine communauté d'origine entre ces deux classes de roches,

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. IV, p. 1425.

dont la composition minéralogique est si différente.

— La *Minette* a quelquefois une structure *schistoïde* très-prononcée. Comme on l'observe pour un grand nombre d'autres roches éruptives, cette structure schistoïde s'est surtout développée près des épontes du filon auxquelles elle est parallèle. **Minette schistoïde.**

Je remarquerai de plus que quand la Minette est schistoïde, ses paillettes de mica ne s'enchevêtrent pas irrégulièrement dans tous les sens; mais elles sont au contraire orientées, leur base étant parallèle aux parois du filon, et leur clivage se trouvant dans les plans de moindre pression. Cette disposition spéciale donne à la Minette une structure semblable à celle du micaschiste; car elle se divise très-facilement dans le sens suivant lequel sont orientées les paillettes de mica.

La pression exercée par les épontes du filon, et l'orientation du mica qui en est vraisemblablement la conséquence, ont donc contribué dans ce cas à rendre la Minette schistoïde : en sorte que si le clivage de la roche a été produit par la pression, il dépend aussi de la cristallisation et de l'action moléculaire.

Les phénomènes de clivage que présentent les roches, ont été récemment l'objet d'un travail intéressant de M. A. Laugel (1).

— La Minette a son clivage le plus facile parallèle aux parois du filon, mais elle peut aussi en présenter deux autres; elle se divise alors en parallélipipèdes. **Minette en parallélipipèdes.**

Il arrive quelquefois qu'un filon de Minette, qui est schistoïde près des épontes, se divise en parallélipipèdes dans sa partie moyenne. C'est, par exemple, ce que l'on observe au mont Chauve (*fig.* 6, Pl. X) (2).

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2ᵉ s., t. XII, p. 363.

(2) Daubrée. *Description géologique et minéralogique du Bas-Rhin*, p. 35.

Minette en sphéroïdes.

— Lorsque les angles des parallélipipèdes ont été détruits par l'altération atmosphérique, la Minette prend la forme de sphéroïdes.

Ces sphéroïdes montrent une série de zones concentriques produites par les différents degrés d'altération, et sans doute aussi par la cristallisation ou par un groupement moléculaire (1).

La structure en parallélipipèdes et en sphéroïdes est d'ailleurs très-fréquente dans les roches éruptives.

Dans la Minette des Vosges, elle s'observe au mont Chauve, à Schirmeck, à Wakemback.

M. Fournet l'a signalée également dans la Minette de Chessy.

Minette globuleuse.

— La *Minette globuleuse* est pour la Minette ce que la variolite est pour l'euphotide.

Globules.

Elle est caractérisée par des globules répandus dans sa pâte.

Ces globules sont quelquefois si rapprochés que la roche tout entière en est formée. Ils sont généralement sphériques et d'égale grosseur : leur diamètre varie de plusieurs millimètres à 1 centimètre.

Quelquefois cependant ils sont aplatis; c'est ce qu'on observe notamment dans la Minette schistoïde, et alors leur grand axe est parallèle à la schistosité et aux parois du filon. Leur forme allongée résulte donc d'une pression perpendiculaire aux parois du filon, exercée par les épontes quand ils étaient encore plastiques.

Les globules de la Minette résistent beaucoup mieux à la décomposition, que le reste de la roche, en sorte qu'ils restent en saillie à la surface des blocs erratiques, auxquels ils donnent une structure variolée.

---

(1) Delesse. *Recherches sur les roches globuleuses.* Mémoires de la Société Géologique de France.

Il en résulte aussi qu'il sont beaucoup moins distincts, lorsque la Minette n'a pas été altérée par l'action de l'air.

Ces globules sont tantôt contigus, tantôt confluents. Ils se fondent ordinairement dans la pâte de la Minette et il est rare qu'ils puissent en être détachés.

A leur circonférence on remarque quelquefois une petite auréole rougeâtre qui paraît indiquer pour la dernière zone une composition un peu différente de celle du reste du globule. Dans leurs interstices on rencontre accidentellement un peu de chaux carbonatée et de la chlorite vert foncé.

Les globules de la Minette ont une structure cristalline, grenue, peu discernable. Cependant en les examinant à la loupe surtout après calcination, on y distingue des lamelles feldspathiques entrecroisées et quelques paillettes de mica.

Leur couleur est généralement brun-grisâtre, comme celle de la pâte qui les entoure.

Leur densité est de... 2,602.

Ils ne sont pas décomposés par l'acide et j'ai déterminé leur composition en les attaquant par le carbonate de soude. Ceux sur lesquels j'ai opéré provenaient d'un filon de Minette globuleuse du Haut du Them près de Servance.

Globules de la Minette de Servance.

Silice.	62,57
Alumine et un peu d'oxyde de fer.	18,83
Oxyde de manganèse.	traces.
Chaux.	4,69
Alcalis et un peu de magnésie (diff.) . . .	11,76
Perte au feu.	2,15
Somme.	100,00

Les globules ont à peu près la même composition

que la pâte feldspathique de la Minette de Servance (p. 527); il est d'ailleurs d'autant plus facile de s'en rendre compte, qu'ils se fondent dans la pâte qui les entoure et qu'ils peuvent constituer toute la roche.

Ils me paraissent formés par du feldspath orthose confusément cristallisé et retenant sans doute quelques impuretés. Ils renferment notamment plus de chaux et plus d'oxyde de fer qu'il n'y en a dans ce feldspath.

La Minette globuleuse est généralement très-feldspathique, et quelquefois même le mica s'y distingue assez difficilement.

Le gisement des globules est bien constant et ils se trouvent près du contact des filons de *Minette* avec les roches granitiques (*fig.* 7, Pl. X).

La roche globuleuse forme en quelque sorte les salbandes du filon de Minette, et, par conséquent, elle n'est qu'une variété de cette dernière, bien qu'elle en diffère très-notablement.

La Minette globuleuse s'observe au mont Chauve, à l'église du Haut-Them, près de la Jumenterie, vers le sommet du ballon d'Alsace. Dans ces gisements elle s'est produite au contact du granite à un mica et de la syénite des ballons.

On la trouve aussi aux Traits-de-Roche, commune de Saint-Étienne, où elle est au contact du granite à deux micas qui forme la vallée de la Moselle.

D'un autre côté je n'ai pas observé de Minette globuleuse dans le calcaire ou dans le schiste de transition; par conséquent le développement des globules paraît résulter d'une influence que les roches granitiques auraient exercée sur les filons de Minette au moment de leur éruption.

Minette verte. — Je décrirai sous le nom de *Minette verte* une variété de cette roche qui est assez anomale et qui

forme filon dans la carrière de marbre de Wakemback (*fig.* 11, Pl. X).

Cette Minette a une couleur vert foncé. Par l'altération atmosphérique elle devient vert olive et elle prend un éclat un peu nacré. Quand on l'examine à la loupe après calcination, on y reconnaît une multitude d'écailles microscopiques qui sont de la chlorite (ripidolithe) ou plutôt de la terre verte. On y distingue aussi des paillettes de mica.

La pâte de la roche est compacte, très-tendre, et elle se laisse facilement rayer par l'ongle.

La Minette verte de Wakemback fait une vive effervescence avec l'acide, ce qui s'explique d'ailleurs facilement puisqu'elle traverse un calcaire. Elle s'attaque très-fortement par les acides. J'ai constaté que lorsqu'on la porphyrise et qu'on la fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique, elle se décolore presque complétement. On la sépare alors en deux parties : l'une attaquable comprenant le carbonate qui paraît surtout à base de chaux, la terre verte, le mica et une portion de la pâte : l'autre inattaquable qui est formée par un résidu feldspathique.

Minette verte de Wakemback.

Partie inattaquable			23,41
Partie attaquable	Silice	20,67	66,76
	Magnésie, oxyde de fer. Alumine, un peu d'alcali.	36,47	
	Chaux	9,62	
Eau			2,81
Acide carbonique			7,02
	Somme		100,00

On voit d'après cet essai que plus des 3/4 de la Minette verte sont attaqués par l'acide chlorhydrique : ce caractère seul la distingue suffisamment de la Minette ordinaire.

Si on le rapproche de ses autres propriétés, on en conclura que la Minette verte a sans doute subi quelqu'altération par pseudomorphose : c'est du moins ce que semblerait indiquer sa pénétration par une terre verte.

Le phénomène qui dans la Minette celluleuse et tachetée était limité aux parties vertes, paraît s'être étendu à la roche entière.

La Minette verte s'observe à Wakemback et au mont Chauve. Dans la grande carrière de Schirmeck, on trouve aussi une Minette dans laquelle le mica est difficile à discerner et qui se rapproche de la Minette verte.

Minette décomposée. — La *Minette décomposée* s'observe, par exemple, au mont Chauve, près de Barr.

Elle est très-friable, quelquefois même terreuse ou pulvérulente ; elle passe alors à une sorte d'arène qui tache les doigts. Sa couleur est uniforme, brunâtre, violacée ou rouge lie de vin. Son mica a pris des reflets bronzés.

Elle ne contient pas de carbonates ; par conséquent sa perte au feu représente l'eau qu'elle renferme. J'ai trouvé en la calcinant :

Minette décomposée, schistoïde et pauvre en mica ; du mont Chauve	5,09
Minette décomposée, avec cristaux de mica de plusieurs centimètres ; d'un filon contenant des nodules de granite, au mont Chauve . . .	6,65

Il y a donc plus d'eau dans la Minette, lorsqu'elle est décomposée que lorsqu'elle est à l'état normal.

Après avoir porphyrisé de la Minette décomposée, je l'ai fait bouillir avec de l'eau pour rechercher s'il s'en dissoudrait une portion notable ; l'évaporation de l'eau de lavage m'a donné un résidu blanchâtre pulvérulent qui est seulement de 0,60 pour 100 ; par consé-

quent, l'eau n'enlève qu'une très-petite partie de la Minette, même lorsqu'elle est décomposée.

J'ai traité la Minette décomposée par l'acide chlorhydrique et j'ai constaté que cet acide dissout seulement un tiers de la roche, comme lorsqu'elle est à l'état normal. Le résidu ne peut pas être attaqué complétement. La liqueur acide contient de la magnésie, de l'oxyde de fer, de l'alumine, seulement 1,1 p. 100 de chaux et un peu d'alcalis.

J'ai recherché si la Minette décomposée pouvait être employée comme pouzzolane naturelle. A cet effet, elle a été mélangée avec un cinquième de son poids de chaux grasse; mais elle n'a montré qu'une faible tendance pouzzolanique et la gangue formée ne s'est pas durcie après être restée plusieurs jours sous l'eau. On obtiendrait sans doute de meilleurs résultats en calcinant d'abord la Minette.

Les fissures de la Minette décomposée sont quelquefois tapissées par de l'halloysite ou par un hydrosilicate d'alumine qui est vert jaunâtre et très-onctueux. Cet hydrosilicate se retrouve dans diverses roches lorsqu'elles sont en décomposition.

— Les variétés de Minette que je viens de passer en revue s'observent ordinairement dans des filons différents; mais elles peuvent aussi se trouver réunies.

Ainsi, il arrive fréquemment que la Minette, qui est porphyroïde dans le centre d'un filon, perd sa structure cristalline près des salbandes, pour se changer en Minette globuleuse ou adelogène.

Des associations analogues s'observent dans les variétés de Minette basées sur la structure de séparation, car la Minette schistoïde passe souvent à la Minette en parallélipipèdes et en sphéroïdes.

Gisement de la Minette.

Gisement.

La Minette est une roche éruptive bien caractérisée, qui a été injectée à l'état fluide, et qui, selon l'expression de M. Élie de Beaumont, était éruptive à la manière des laves.

Elle ne constitue pas des montagnes entières, mais elle forme des filons. C'est seulement par exception qu'elle a l'air d'être stratifiée comme cela s'observe dans la vallée d'Andlau, où elle présente une couche qui passe au schiste argileux (1).

Ses filons traversent le granite, la syénite, le terrain de transition, ainsi que le terrain dévonien.

Minette dans le granite.

Je vais décrire plusieurs gisements de la *Minette*, et et je commencerai par ceux dans lesquels elle est enclavée dans le granite.

Remiremont.

— La Minette se rencontre dans le granite des environs de Remiremont qui appartient au granite à deux micas décrit antérieurement sous le nom de granite des Vosges (2).

Cette Minette est en filons qui ont plus d'un mètre de puissance. Elle a une structure porphyroïde et quelquefois même, comme au Buisson-Ardent, l'orthose s'y montre en grands cristaux. Le mica y est peu abondant et généralement en petites paillettes. L'hornblende est décomposée, en aiguilles allongées, bien visibles, qui ont une couleur vert clair. La roche est souvent tachetée de vert. Elle peut aussi être celluleuse. Elle contient de la chaux carbonatée, de la chlorite et quelquefois du quartz.

Vallée des Truches.

— Sur la route de Remiremont à Gérardmer, dans le haut de la vallée des Truches, à l'Urson, on trouve un filon d'une espèce d'eurite micacée qu'on peut regarder

(1) Voltz. *Géognosie de l'Alsace*, p. 55.
(2) *Annales des mines*, 1853, t. III, p. 369.

comme une Minette pauvre en mica. Elle est très-feldspathique, et elle passe au porphyre. Elle renferme quelques cristaux d'orthose, du feldspath du sixième système ayant une couleur rouge marron, de grandes lamelles de mica ferro-magnésien brun noirâtre et un peu d'hornblende. Cette roche est intermédiaire entre la Minette et la kersantite, car elle réunit l'orthose et le feldspath du sixième système.

— Sur le versant nord du mont Chauve, au pied de la ruine du Lansberg, près de Barr, dix filons de Minette s'observent dans le granite. Ces filons ont de $0^m,40$ à $1^m,50$ de puissance. Leur direction générale est N. 140° S.-E. Leur pendage est considérable, et il y en a même qui sont verticaux. Ce groupe de filons est réuni sur une étendue de moins de 200 mètres. Il montre la plupart des variétés de la Minette, et il fait bien apprécier les grandes différences que cette roche présente dans ses caractères minéralogiques. Mont Chauve.

La Minette y est tantôt cristalline, porphyroïde et à grandes lamelles de mica; tantôt, au contraire, elle est adelogène, et son mica est à peine discernable. Elle passe aussi à la Minette verte. Dans un même filon, le mica peut être rare ou abondant. Quelquefois encore la Minette est globuleuse, surtout près des épontes du filon. Elle a généralement une structure schistoïde ou pseudo-régulière. Dans quelques filons elle se délite en gros sphéroïdes.

La Minette du mont Chauve renferme accidentellement de petits grains arrondis de quartz. Elle empâte aussi des nodules de granite. Elle est décomposée ainsi que le granite qui l'encaisse; l'un et l'autre passent à l'état d'arène (1).

---

(1) *Bulletin de la Société géol. de France*, 1re s., t. VI, p. 47.

Tous les filons de Minette du mont Chauve sont à très-peu près parallèles, et, par conséquent, on doit admettre qu'ils sont contemporains. On voit, par conséquent, que toutes les variétés de la Minette ont pu se former à la même époque, quelles que soient les différences minéralogiques qu'elles présentent.

Champ du Feu. —Quand on descend du Champ du Feu vers Fouday, on rencontre des filons de Minette qui se délitent en sphéroïdes, et qui sont enclavés dans un granite souvent décomposé.

— Aux environs de Colmar on trouve encore de la Minette dans le granite.

Niedermorschwir. Ainsi, sur la route de Niedermorschwir à l'abbaye des Trois-Épis, un plexus de filons de Minette présente plusieurs mètres d'épaisseur. Des veines de granite grenu courent parallèlement à cette Minette, dans laquelle elles sont enclavées. La Minette est décomposée ainsi que le granite encaissant.

Saint-Gilles. — Au pied N.-E. du Hohenlandsberg, dans la carrière de granite de Saint-Gilles, on trouve de la Minette qui est remarquable en ce qu'elle passe pour ainsi dire au granite.

Cette Minette renferme, en effet, les minéraux du granite, et elle est notamment assez riche en quartz. Sa couleur est rouge lie de vin. Elle est d'ailleurs décomposée ainsi que le granite encaissant. Quelquefois son mica est tellement altéré, qu'il a complétement perdu sa couleur brune et qu'il est devenu blanchâtre.

De même qu'à Niedermorschwir, le filon de Minette de Saint-Gilles est traversé par des veines d'un granite grenu. Ces veines peuvent même être transverses au filon, comme le montre la *fig.* 8. Il est donc évident que le granite *o* s'est fissuré, et que ses fentes ont été remplies par la Minette *m*; puis la Minette consolidée

s'est fissurée à son tour, et dans ses interstices il s'est formé du granite grenu *o''*.

La Minette est donc intimement associée aux roches granitiques; car, indépendamment de ce qu'elle y est le plus souvent encaissée, elle peut renfermer elle-même des filons de granite.

— Dans le ban de Sapt, à Frabois, sur la route de Saint-Jean-d'Ormont, plusieurs filons de Minette traversent le granite. Cette Minette a généralement une pâte brun rougeâtre, et elle contient quelquefois de très-grandes lames de mica; elle se délite aussi en gros sphéroïdes. Ses filons peuvent atteindre plusieurs mètres. **Ban de Sapt.**

— Sur la route entre Saales, Bruche et Saint-Blaise-la-Roche, on rencontre encore divers filons de Minette. L'un de ces filons, qui est entre Saales et Bruche, est formé par une Minette rouge lie de vin, dans laquelle le mica est rare, microscopique et peu visible. La chaux carbonatée s'y montre souvent en amygdaloïdes et dans les parties altérées par l'action de l'air, la roche devient légèrement celluleuse. Ce filon a 4 mètres de puissance. Il renferme de gros fragments de granite qui sont tantôt anguleux et tantôt arrondis. **Saales, Bruche, Saint-Blaise.**

Une roche généralement vert noirâtre, qui est sans doute une variété de la Minette verte, s'observe aussi entre Saales et Bourg-Bruche, à Frabois, ainsi qu'à l'entrée du bois de Bihay, commune de Saint-Jean-d'Ormont.

Toutes ces Minettes sont enclavées dans un granite porphyroïde à grands cristaux qui est souvent décomposé. Son mica a généralement une couleur vert noirâtre. On y trouve quelquefois du fer oxydulé. Par la couleur de ses feldspaths, ce granite ressemble beaucoup à la syénite des ballons.

Minette dans la syénite. — La Minette est d'ailleurs fréquemment encaissée dans la syénite des ballons.

Ballon d'Alsace. Ainsi, vers le sommet du ballon d'Alsace, à 500 mètres de la Jumenterie, et en allant vers Bonaparte, on trouve deux filons de Minette qui ont $0^m,4$ à $0^m,5$ de puissance. J'ai fait connaître précédemment la composition de cette Minette (page 529). Elle est très-micacée et de couleur noir-grisâtre : elle devient brun grisâtre ou brun jaunâtre par l'altération de l'air. On y observe des veinules de chaux carbonatée. Elle est un peu altérée près de la surface ; mais la syénite encaissante n'est pas décomposée.

En descendant vers Saint-Maurice, au-dessous de la Jumenterie, plusieurs filons de Minette globuleuse ou variolée traversent la syénite. Les globules se sont développés seulement vers le contact avec la syénite qui est altérée près des salbandes (*fig.* 7, Pl. X).

Ils deviennent surtout visibles lorsque la roche a été exposée à l'air. Leur couleur est vert sombre, et ils sont enveloppés par une pâte vert clair.

Les filons de Minette du Ballon sont beaucoup plus tendres que la syénite, aussi les exploite-t-on pour l'entretien de la route ; ce qui permet de déterminer facilement leur direction.

Servance. — Entre Servance et Château-Lambert, la Minette forme encore plusieurs groupes de filons enclavés dans la syénite.

Avant d'arriver à l'endroit qu'on appelle le Them, on trouve deux filons qui sont seulement à 2 mètres de distance l'un de l'autre. Le premier a 4 mètres de puissance, le second $1^m,30$. Ils sont nettement séparés de la syénite.

La Minette de ces filons est porphyroïde, très-feldspathique, de couleur rouge brunâtre. Elle renferme

du mica en grandes lamelles et j'en ai extrait celui qui a servi pour l'analyse.

En continuant à monter de Servance à Château-Lambert, à hauteur de la roche d'amont et vers le haut du Them, on rencontre successivement plusieurs filons d'une Minette qui est beaucoup moins cristalline que la précédente et qui devient même adelogène. Quand elle n'est pas altérée, sa couleur est gris verdâtre ; mais le plus généralement elle est brune, rouge lie de vin, ou violacée. Elle a une structure schistoïde et elle s'exfolie par l'altération de l'air. Elle est quelquefois variolée près des salbandes. On y rencontre accidentellement des filets blancs de chaux carbonatée et même du quartz : aussi fait-elle feu sous le marteau.

A l'une de ses salbandes, j'ai observé des veines de fer oligiste. D'un autre côté, j'ai trouvé dans la syénite du Them un petit filon de fer oligiste, avec baryte sulfaté et chaux fluatée ; il était indépendant de la Minette, mais sa direction N. 125° E. était cependant à peu près la même.

Vers l'église du haut du Them un des filons de Minette atteint une puissance de 4 mètres ; il est adelogène et le mica y est peu distinct.

On rencontre souvent la Minette à l'état erratique dans les vallées qui rayonnent autour des Ballons et l'on ne connaît certainement qu'une petite partie des filons qui existent dans la syénite.

— La Minette se retrouve avec les minerais de fer de Framont et surtout avec ceux des environs de Rothau, notamment au Banwald, à Mineguette, à Bacpré, à Saint-Nicolas et à Wildersbach. Minette avec les minerais de fer.

D'après M. Élie de Beaumont, les filons de Rothau ont généralement 1 mètre de puissance et le minerai s'y présente en plaques parallèles ayant 2 à 4 déci- Rothau.

mètres d'épaisseur. Leurs salbandes sont quelquefois formées par la Minette.

Le minerai est habituellement le fer oligiste accompagné de fer oxydulé; cependant à Wildersbach c'est du fer carbonaté; au Banwald, il y a même du fer silicaté (chamoisite).

Parmi les gangues on trouve le quartz et la pyrite de fer.

Aux environs de Rothau, la roche encaissante est une roche granitique ou bien le terrain de transition, et, d'après M. Jutier, le porphyre quartzifère qui se trouve au voisinage des mines se charge de plus en plus de minerai de fer.

Framont.

A Framont, la roche encaissante est le terrain de transition métamorphique (1).

La Minette accompagne aussi le fer oligiste qui est dans le granite de la Grapinée au val d'Ajol (2).

Minette dans le terrain de transition métamorphique.

Je signalerai encore d'autres gisements dans lesquels la Minette est enclavée dans le terrain de transition métamorphique.

Faucogney.

— Au sud-ouest de Faucogney, la route qui mène à Sainte-Marie en Chamois, coupe un porphyre à base d'orthose, au milieu duquel on retrouve des lambeaux du schiste de transition plus ou moins modifié. Au Pont neuf, un filon de Minette traverse ce terrain. Il a une puissance de $0^{m},50$. Près de la route il est encaissé par un pétrosilex vert noirâtre provenant du métamorphisme du terrain de transition. Ses salbandes sont bien

(1) Élie de Beaumont. *Annales des mines*, 1822, t. VII, p. 522. — *Esquisse géognostique du système du Rhin*, par MM. d'Œnyhausen, de Dechen et de la Roche; traduction française, p. 16 à 27. — De Billy. *L'Institut*, 1841, p. 142, 144. — D'Œnyhausen, de Dechen et de la Roche. *Esquisse géognostique du système du Rhin.*

(2) Hogard. *Aperçu sur le département des Vosges*, p. 92.

caractérisées et elles sont formées par ce pétrosilex altéré.

— Dans la gorge de Bipierre, au-dessus de Framont, la Minette porphyroïde et à grandes lamelles de mica, se montre en blocs occupant une bande dirigée N. 120° E. et ayant 60 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur. Cette Minette s'arrête immédiatement au-dessous du grès rouge dans lequel elle ne pénètre pas. Bipierre.

— Il me reste maintenant à décrire le gisement de la Minette dans le terrain dévonien. Minette dans le terrain dévonien.

Les environs de Schirmeck en offrent des exemples très-remarquables que je vais faire connaître avec quelques détails. Schirmeck.

— Le terrain dévonien de la montagne au N.-O. de Schirmeck consiste en couches de grauwacke, de conglomérats et de calcaire. Dans la grande carrière de pierre à chaux, il est traversé par plusieurs filons de Minette et par un porphyre à base d'oligoclase (*fig.* 9, Pl. X) (1).

Cette carrière est ouverte dans un calcaire *c*, dévonien, gris bleuâtre, blanchâtre ou rougeâtre, très-légèrement saccharoïde, contenant des débris de crinoïdes, de calamopora et de cyatophyllum. Sur quelques points ce calcaire renferme des veines de schiste *s*. Ses couches sont dirigées N. 60° E.; elles plongent d'environ 60° au S. 30° E. (2). On y observe des nids d'arragonite fibreuse en *a* près du porphyre.

Au contact de la Minette et du porphyre le calcaire

---

(1) Les *fig.* 9, 10, 11, Pl. X, représentent les carrières de Schirmeck et de Vakemback; j'en ai levé les plans sur le terrain avec le concours de M. Viard. Ces plans sont à l'échelle de 0^m,001 pour mètre.

(2) Dufrénoy et Élie de Beaumont. *Explication de la carte géologique de France*, t. I, p. 322, 342, 371.

est un peu plus cristallin; mais la modification qu'il a subie est extrêmement légère et à peine sensible.

Vers la partie supérieure de la carrière sa stratification disparaît et il est recouvert par une dolomie *d* qui se divise en bancs à peu près horizontaux.

Cette dolomie est gris jaunâtre, carriée et très-caverneuse. Sa structure est cristalline et ses druses sont tapissées de rhomboèdres de dolomie. Elle est très-rude au toucher. Quand elle a été altérée par l'action de l'air, elle devient brune ou même noirâtre, ce qui tient à ce qu'elle est manganésifère.

Cette même dolomie se retrouve à la Mine jaune et au vallon des Minières, à Framont. Une analyse faite par M. Berthier a montré qu'elle laisse un résidu de 2,2 p. 100 et qu'elle contient 29,2 de chaux, 20,0 de magnésie, ainsi que 1,3 d'oxyde de fer; il y a aussi un peu de manganèse : c'est une dolomie ferro-manganésifère (1).

Dans la carrière de Schirmeck, la dolomie présente, près de son contact avec le calcaire, de petites cavernes irrégulières et allongées *t;* ces cavernes ont quelquefois plus d'un mètre de largeur. Il n'y a d'ailleurs pas passage du calcaire à la dolomie. La séparation de ces deux roches est au contraire très-nette; elle suit une ligne brisée fort complexe, montrant que la dolomie a vraisemblablement corrodé le calcaire dans lequel elle a pénétré fort avant. Sur quelques points même, la dolomie a rempli et probablement creusé des espèces de puisards *d'*.

A Framont, cette même dolomie devient bréchiforme et empâte des fragments de diverses roches qui sont devenues très-douces au toucher et magnésiennes; elle contient aussi du quartz et du fer oligiste : elle a donc

(1) Berthier. *Traité des essais par la voie sèche*, t. I, p. 620.

les caractères d'une roche éruptive et elle forme un amas par-dessus le calcaire (1).

Elle est sans doute associée au gîte métallifère de Framont, comme la dolomie qui accompagne les minerais de fer, de zinc et de plomb de la Haute-Silésie, dont le gisement a été si bien étudié par M. de Carnall (2).

Dans la grande carrière de Schirmeck, la Minette présente quatre filons ayant au plus 1 mètre de puissance et dirigés vers le N.-O.

Elle est un peu cristalline et ses paillettes de mica sont petites. Elle a une couleur brun noirâtre ou tirant sur le vert; lorsqu'elle est altérée par l'action de l'air elle devient violacée. Elle est tendre et elle se taille facilement. Elle renferme un peu de pyrite de fer et des veinules de chaux carbonatée ferrifère. Ses filons traversent indistinctement le calcaire et la dolomie.

Si l'on examine la coupe de la grande carrière de Schirmeck, il est facile de voir que la dolomie est superposée au calcaire dévonien et que de plus la ligne de démarcation de ces deux roches est complétement indépendante des filons (*fig.* 9, Pl. X).

Il résulte donc de là que la dolomie est postérieure au calcaire dévonien, et que la Minette est elle-même postérieure à la dolomie; par conséquent la dolomie n'a pas été engendrée par une action de la Minette sur le calcaire.

Quant au porphyre à oligoclase, il est également

(1) Relativement à cette dolomie, voir *Annales de la Société d'Émulation des Vosges*, t. VIII, 1854, p. 54.— Note de M. Lebrun, insérée dans le Rapport de M. le docteur Mougeot.

(2) R. von Carnall. *Erzlagerstätten der Muschelkalksteins in Oberschlesien.*

postérieur au calcaire dévonien ainsi qu'à la dolomie, et probablement antérieur à la Minette (1).

Roche des Vignes. — Au lieu dit la Roche des Vignes, à gauche de la route qui mène de Schirmeck à Herspach, un filon de Minette traverse une brèche calcaire ainsi que des couches de grauwake et de schiste (*fig.* 10). La brèche calcaire *b* est formée de fragments qui sont petits et de nature assez variée; on y observe des veines de schiste. Elle est recouverte par une brèche *b'* de grauwake porphyrique. Cette dernière contient aussi du calcaire qui est en fragments très-gros, dépassant quelquefois 1 mètre de diamètre.

Au-dessus de la brèche *b'*, qui a environ 10 mètres d'épaisseur, vient une grauwake *g* feldspathique qui est également bréchiforme.

La Minette a un pendage de 70°, tandis que celui des couches de terrain dévonien est de 30°. Elle est décomposée et elle se délite en sphéroïdes; elle m'a présenté accidentellement un nodule de quartz ayant plusieurs centimètres de longueur.

Wakemback. — A Wakemback le gisement de la Minette est analogue à celui de Schirmeck.

Le terrain dévonien du vallon de Wakemback présente, à partir de sa base, des couches de schiste, de calcaire et de grauwake (2).

Sur le côté gauche de ce vallon, on a ouvert dans le calcaire de belles carrières de marbre, et il est facile d'y observer plusieurs filons de Minette (*fig.* 11, Pl. X).

Le calcaire *c* forme des bancs redressés et très-com-

(1) *Annales des mines*, 1849, t. XVI, p. 323 : Porphyre de Schirmeck.

(2) Hogard. Carte, croquis et coupes géologiques des Vosges, planche XVI.

pactes qui ont à peu près une direction N. 60° E. Il est brun rougeâtre, veiné de blanc et de gris; quelquefois aussi il est bréchiforme. Il prend très-bien le poli. Son épaisseur peut atteindre 40 mètres. Il renferme des veinules de schiste qui lui donnent une structure réticulée et glanduleuse comme le marbre de Campan.

Le schiste a une couleur verte plus ou moins foncée; il ne devient brun rougeâtre ou violacé que quand il a subi l'altération de l'air. On évite d'exploiter le calcaire trop chargé de schiste, notamment celui qui est le plus rapproché du schiste lui-même.

La Minette de Wakemback forme plusieurs filons dont la puissance et les caractères sont très-différents; m_1, m_2 sont des filons d'une Minette, noir brunâtre, bien caractérisée et très-riche en mica. Près de leurs salbandes, les paillettes de mica sont moins nombreuses.

A l'est on voit de petits filons m_4, m_5 de la Minette qui a été décrite sous le nom de Minette verte; sa direction générale est à peu près parallèle aux autres filons, bien qu'elle fasse un coude assez marqué.

La carrière Müller qui est à l'Est, est d'ailleurs séparée en deux parties par un filon ou plutôt par un plexus de Minette m_3 qui atteint quelques mètres de largeur. Cette Minette, qui est à grandes lamelles de mica, croise les directions précédentes. Elle s'enchevêtre d'une manière assez confuse dans le calcaire, dans le schiste et dans la grauwake.

La grauwake *g* s'élève comme un mur dans la carrière. Elle est feldspathique, et des mouches d'épidote qui s'y trouvent disséminées lui donnent çà et là une couleur vert pistache.

On trouve la krokidolithe dans les Minettes m_1, m_2, m_3. Elle présente des veinules qui sont parallèles aux filons de Minette. Ces veinules sont associés aux

filons ; elles serpentent dans leur intérieur, à leurs salbandes, ou bien à une petite distance dans les roches encaissantes. Ainsi, l'on rencontre des veinules de krokidolithe entre la Minette et le calcaire et jusque dans grauwake.

La krokidolithe est accompagnée de quartz, de chaux carbonatée, de chlorite, d'épidote, de pyrite et d'oxyde de fer. La chaux carbonatée est spathique ; elle est légèrement ferrifère, car elle devient rouge par altération.

Il est facile de constater dans les carrières de marbre de Wakemback, que le calcaire dévonien a pris une structure cristalline et grenue au contact de la Minette.

—Jusqu'à présent on n'a pas observé la Minette dans le terrain houiller, ni dans le grès rouge, ni dans le grès vosgien : il paraît donc que dans les Vosges, la Minette est plus ancienne que le terrain houiller proprement dit.

Filons de Minette.

— Lorsque les filons de Minette étaient bien réglés, j'ai mesuré leur puissance, leur direction, et quand c'était possible leur pendage.

Les résultats que j'ai obtenus sont réunis dans le tableau suivant, qui fait connaître en outre la variété de Minette qui forme chaque filon, ainsi que la nature de la roche encaissante.

Le nord est le nord vrai. Les angles qui donnent les directions ont toujours été comptés en allant du nord vers l'est (1).

---

(1) Les filons 1, 2, 3, 4 qui se trouvent aux environs de Remiremont ont été mesurés avec M. Mareine.

MINETTE EN FILONS DANS LES VOSGES.

Nos d'ordre.	CARACTÈRES DE LA MINETTE.	LOCALITÉS dans lesquelles on l'observe.	PUISSANCE.	DIRECTION.	PENDAGE.	ROCHES ENCAISSANTES.
			mèt.	degrés.		
1	Porphyroïde, peu micacée, avec hornblende verte décomposée.	Remiremont, le Buisson-Ardent.	6,00	175	90°	Granite des Vosges ou à deux micas.
2	Globuleuse, micacée.	Saint-Étienne, les Traits-de-Roche.	1,50	130	90°	
3	Peu micacée, tachetée, celluleuse.	Ranfaing, près Saint-Nabord. . . 1er	2,00	91	73° N.-N.-O.	
4	*Idem.*	*Idem.* . . . 2e	1,00	65	70° N.-N.-O.	
5	Rose, tr.-feldsp., à grandes lamelles de mica.	Vallée des Truches, à l'Urson.	4,00	0	75° E.-O.	
6	Décomposée, quartzeuse, contenant des veines de granite.	Saint-Gilles, près Colmar.	0,80	130	50° N.-E.	
7	Verte, décomposée.	Mont Chauve, près de Barr. . . . 1er	0,40	145	90°	Granite des Ballons ou à un mica.
8	Feldspathique, à grandes lamelles de mica, globuleuse.	*Idem.* . . . 2e	1,00	165	90°	
9	Schistoïde, peu micacée, décomposée.	*Idem.* . . . 3e	1 00	160	75° E.	
10	Globuleuse, se divisant en sphéroïdes; elle contient des nodules de granite.	*Idem.* . . . 4e	1,20	160	. . . .	
11	Décomposée.	*Idem.* . . . 5e	1,50	1re branche, 160° 2e branche, 170°		
12	Décomposée; avec des nodules de granite.	*Idem.* . . . 6e	1 à 0,30	150	80° E.	
13	Schistoïde, décomposée.	*Idem.* . . . 7e	0,30	150	70° E.	
14	Parallélipipède, décomposée.	*Idem.* . . . 8e	0,60	160	85° E.	
15	Vert noirâtre.	Frabois, dans le Ban-de-Sapt.	0,60	120	vers O.-S.	
16	Rouge lie de vin, celluleuse.	Saales.	4,00	140	vers N.	
17	Brun grisâtre, très-micacée.	Ballon d'Alsace, au-dessus de la Jumenterie	0,50	68	70° N.-O.	Syénite des Ballons.
18	Globuleuse.	*Idem.* . . au-dessous . . . *id.*	1,00	75	60° N.-O.	
19	Porphyroïde à grandes lamelles de mica.	Servance, le Them.	5,00	155	60° N.-E.	
20	*Idem.*	*Idem.*	1,30	155	*id.*	
21	Compacte, brunâtre.	Servance, le haut du Them.	4,00	160	*id.*	
22	Violâtre, très-micacée.	Faucogney, le Pont-Neuf.	0,50	55	50° S.-E.	Terrain de transition métamorphique.
23	Brun noirâtre.	Schirmeck grande carrière de pierre à chaux	0,70	113	55° N.-E.	Terrain dévonien.
24	*Idem*	*Idem.*	0,80	116	60° N.-E.	
25	Très-micacée, décomposée et se délitant en sphéroïdes.	Schirmeck, la Roche-des-Vignes.	0,50	165	70° N.-E.	
26	Brun noirâtre, très-micacée, m_1	Wakemback, carrières de marbre.	0,80	160	65° E.-N.	
27	*Idem.* m_2	*Idem.*	0,65	165	50° E.-N.	
28	Verte, compacte. m_4	*Idem.*	0,40 à 0,60	165 et 20	45° E. pour l'une des branches.	

Il est facile de déduire de ce tableau quelques conclusions relatives aux filons de Minette.

D'abord la Minette se montre surtout dans la partie centrale et granitique des Vosges. Elle est plus fréquente dans les roches granitiques, spécialement dans le granite à un mica et dans la syénite; elle paraît donc liée aux roches granitiques éruptives. Elle est rare au contraire dans le terrain de transition, ce qui s'explique d'ailleurs en observant que, pour y arriver, elle avait à traverser toutes les roches granitiques qui le supportent.

Les caractères de la Minette varient dans certaines limites avec la nature de la roche encaissante. On peut remarquer en effet que dans le granite des Vosges ou à deux micas, elle est ordinairement feldspathique, peu micacée et en filons d'une grande puissance.

Dans le terrain de transition, elle est au contraire en petits filons et très-micacée.

La puissance des filons de Minette n'est pas très-grande. Quand elle est inférieure à 1 mètre, la Minette est généralement très-micacée. Dans le cas contraire, la Minette devient habituellement feldspathique et même quartzeuse; elle passe à l'eurite ou au porphyre micacé.

Le pendage des filons de Minette a une direction variable; mais il est toujours considérable. Souvent, en effet, les filons sont verticaux, et leur pendage est alors de 90° : c'est seulement par exception qu'il descend au-dessous de 60°. On peut remarquer cependant que cela a lieu pour les filons qui sont enclavés dans le terrain de transition; cette différence tient sans doute à ce que ce terrain se trouve sur les flancs des massifs granitiques, tandis que la Minette paraît surtout émaner de leur centre.

La direction des filons de Minette est habituellement constante dans un même lieu, mais elle varie dans l'étendue de la chaîne des Vosges. Toutefois, généralement, cette direction se rapproche de 160° ou du Nord magnétique.

M. A. Burat distingue dans le massif des Vosges, deux systèmes de filons métallifères; l'un dirigé N. S. magnétique, donne de la galène argentifère; l'autre, dirigé à peu près E. O., renferme de la galène et des minerais de cuivre très-variés. La plupart des filons de Minette seraient donc à peu près parallèles aux filons du premier système qui dominent surtout dans la partie centrale et granitique de la chaîne (1).

Je remarquerai aussi que la direction la plus habituelle des filons de Minette se rapprocherait assez du système du Forez de M. Élie de Beaumont (2).

Métamorphisme produit par la Minette.

La Minette a été injectée fluide au milieu de divers terrains; on comprend donc qu'elle ait dû y produire des phénomènes de métamorphisme; ce sont ces phénomènes que je me propose d'étudier maintenant.

J'observerai d'abord qu'ils ont varié avec la nature même des roches traversées. En outre, ils sont beaucoup plus restreints qu'on n'est habituellement porté à le croire; c'est d'ailleurs ce qu'il sera facile d'apprécier à mesure que j'en ferai la description.

— Je recherche d'abord quel est le métamorphisme produit par la Minette sur les roches granitiques. Roches granitiques.

On a vu que, lorsque la Minette traverse le granite ou la syénite, il arrive fréquemment que ces roches se décomposent à son contact. C'est, par exemple, ce que

(1) Burat. *Géologie appliquée*, p. 170.
(2) Élie de Beaumont. *Systèmes de montagnes*, t. II, p. 852.

l'on observe très-bien au mont Chauve, près de Barr.

Le granite encaissant est à l'état d'arène : on y reconnaît de gros cristaux d'orthose rose mâclé, du feldspath du sixième système dont l'altération est plus avancée et qui est à l'état de kaolin, beaucoup de quartz, du mica ferro-magnésien brun-tombac en lamelles quelquefois assez grosses.

On admet généralement que la décomposition de ce granite provient de la Minette (1).

Il importe de remarquer cependant, que la Minette a souvent traversé le granite ou la syénite sans y produire aucune décomposition. Les filons de Minette des environs de Remiremont et du Ballon d'Alsace en fournissent la preuve, car ils ne donnent pas lieu à d'autre décomposition que celle qu'on observe à la salbande de tous les filons. De plus, au mont Chauve même, les nodules de granite enveloppés par la Minette, ne sont pas ou presque pas décomposés. Il semble cependant qu'ils auraient dû l'être plus que le granite des parois. Ajoutons encore que les blocs de granite des environs, même lorsqu'ils sont erratiques, manifestent une grande tendance à se désagréger.

Enfin, on trouve sur divers points des Vosges, le granite changé en arène, bien qu'il ne soit pas traversé par des filons de Minette (2).

La transformation du granite en arène paraît donc tenir à un phénomène plus général, bien qu'au mont Chauve les nombreux filons qui traversent le granite aient pu faciliter la décomposition, en permettant aux eaux superficielles de s'infiltrer plus aisément dans l'intérieur du granite.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 1re série, t. VI, p. 47.
(2) *Annales des mines*, 1853. t. III, p. 404.

— Il est incontestable cependant que, lorsque la Minette a été injectée dans une roche granitique, des actions mutuelles ont pu se produire entre ces deux roches. Globules au contact des roches granitiques.

Ces réactions sont indiquées par les modifications de structure que les filons de Minette présentent à leur salbande.

Elles sont indiquées aussi par le développement des globules près du contact de la Minette avec les roches granitiques.

Toutefois, nous remarquerons que ces globules ne s'observent pas à beaucoup près dans tous les filons qui traversent une roche granitique. En outre, ils semblent plutôt devoir être attribués à une réaction de la roche granitique sur la Minette.

Les actions mutuelles des deux roches sont du reste bien évidentes, lorsque les limites de la Minette et de la roche granitique sont incertaines. Ce cas se présente quelquefois quand la Minette traverse le granite ou la syénite; il arrive alors que le filon est intimement soudé à la roche encaissante à laquelle il passe sur une épaisseur de 1 à 2 décimètres. C'est notamment ce qu'on observe quelquefois lorsque la Minette est globuleuse.

— Enfin, l'action directe de la Minette, sur la roche granitique encaissante, est encore démontrée par la forme arrondie du granite qui a été empâté par le filon. Forme arrondie du granite empâté.

J'ai constaté en effet, qu'au mont Chauve, le granite tombé dans le filon, n'est pas en fragments anguleux; il paraît au contraire avoir été corrodé, en sorte que sa surface est plus ou moins arrondie et qu'il a même pris la forme de nodules (*fig.* 12, Pl. X).

Quelquefois aussi ces nodules de granite sont allongés comme une amande, et leur axe longitudinal est pa-

rallèle à la direction suivant laquelle la Minette a fait éruption. La *fig.* 13 montre comment ils sont alors disposés dans le filon.

Le mica de la Minette enveloppe les nodules d'une couronne concentrique, régulière, qui suit toutes les ondulations de leur surface et qui a une épaisseur de plusieurs millimètres. Cette concentration du mica autour du granite empâté par la Minette est un fait assez remarquable.

Il est facile d'expliquer pourquoi le granite tombé dans le filon a pris une forme arrondie; car la Minette renferme une proportion notable de fluor, par conséquent, lorsqu'elle était à l'état fluide, elle devait corroder les roches avec lesquelles elle se trouvait en contact. Et, en effet, j'ai reconnu que, lorsqu'on la fait fondre dans un four de verrerie, elle ronge très-rapidement les parois du creuset qui la contient (1).

En résumé, quand la Minette a fait éruption dans une roche granitique, elle a pu la corroder et se souder avec elle; mais son action a été limitée à une très-petite distance du contact, et généralement même, aucune modification ne s'observe sur la roche granitique encaissante.

Schistes modifiés. — La Minette a également modifié les terrains stratifiés qu'elle traverse; toutefois, ici encore son action a été très-légère.

Lorsque ces terrains sont des schistes comme ceux du terrain de transition, elle leur a quelquefois donné, à une petite distance, une structure compacte et elle les a changés en pétrosilex (hornfels) (2).

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2ᵉ série, t. IV, p. 1380. — Recherches sur les verres provenant de la fusion des roches.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, 1ʳᵉ série, t. VI, p. 40. — Réunion extraordinaire à Strasbourg.

Les schistes et la grauwake peuvent aussi contenir, comme à Wakemback, des nodules d'épidote, de chaux carbonatée et de krokidolithe qui se sont formés près du contact avec la Minette.

— Sur les calcaires, l'action de la Minette est plus nette et mieux marquée. **Calcaires devenus cristallins.**

Ainsi, à Wakemback et à Schirmeck, le calcaire dévonien est traversé par des filons de Minette. Ce calcaire est généralement compacte, mais à 1 ou 2 décimètres des filons, il devient grenu et cristallin; il prend en même temps une couleur blanche, rose ou rouge de chair. Comme il est d'ailleurs rude au toucher, on lui a souvent donné le nom de dolomie, et l'on a même pensé que cette dolomie provenait d'un métamorphisme du calcaire produit par la Minette.

Cette hypothèse paraissait d'autant plus vraisemblable que le calcaire, traversé par la Minette, est quelquefois recouvert par de la dolomie (*fig.* 9).

Je me suis proposé de rechercher si la Minette avait réellement modifié la composition du calcaire conformément à l'hypothèse admise. J'ai donc analysé du calcaire pris au contact même de la Minette et à une certaine distance. Voici les résultats que j'ai obtenus :

I. — Calcaire rose, grenu, au contact du principal filon de Minette dans la carrière de marbre de Wakemback.

II. — Calcaire blanchâtre, à peu près compacte, pris à $0^m,30$ du même filon dans la carrière de marbre de Wakemback.

III. — Calcaire gris bleuâtre, avec entroques, pris à $0^m,80$ d'un filon de Minette dans la carrière de Schirmeck.

	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Oxyde de fer.	Résidu de schiste et de sable.	Somme.
I	96,88	0,52	0,60	2,00	100
II	96,38	0,62	»	3,00	100
III	96,30	traces.	»	2,70	100

Ces analyses démontrent que le calcaire traversé par la Minette contient seulement une très-petite quantité

de magnésie qui ne dépasse pas celle qu'on peut trouver dans tous les calcaires. Cette quantité n'est d'ailleurs pas plus grande au contact de la Minette qu'à une certaine distance.

Par conséquent, lorsque la Minette a fait éruption dans le calcaire, elle n'a pas modifié sa composition. Elle lui a seulement donné, dans certains cas, une structure grenue qui généralement ne s'observe pas au delà de 2 décimètres.

Dans ses belles recherches sur la géologie de l'île de Sardaigne, M. le général Albert de la Marmora a signalé des faits du même genre. Il a constaté en effet que le calcaire crétacé devient blanc et cristallin près de son contact avec des roches granitiques éruptives. Ici encore, la structure cristalline de ce calcaire décroît à mesure qu'on s'éloigne du contact, et elle disparaît à une certaine distance (1).

Bien que le métamorphisme du calcaire en dolomie ait pu accompagner l'éruption de certaines roches, jusqu'à présent, je ne connais pas de faits qui démontrent une action directe ou une métamorphose opérée au contact même de la roche éruptive.

En ce qui concerne la Minette, le métamorphisme qu'elle a produit dans le calcaire s'est borné à un développement de la structure cristalline.

Comparaison du mica ferro-magnésien, de la minette et du granite.

— Le mica ferro-magnésien s'observe non-seulement dans la Minette, mais encore dans les roches granitiques qui l'encaissent. Ce mica se trouve en effet dans les deux espèces de granite ainsi que dans la syénite.

Il m'a paru intéressant de comparer le mica ferro-magnésien de la Minette avec celui des roches granitiques.

(1) Albert de la Marmora. *Voyage en Sardaigne*, 3e partie.

Les propriétés du mica ferromagnésien du granite ont déjà été décrites (1). Ses axes de double réfraction font un angle très-petit. Il fond au chalumeau et donne un verre gris brunâtre. Il s'attaque par les acides.

Pour déterminer sa composition, j'ai fait un premier essai sur le mica du granite porphyroïde de Plombières (2).

Le granite qui le renferme ne contient qu'un seul mica. Il est porphyroïde et il appartient au granite des Ballons. Près de la fontaine Amélie, il se désagrège et passe à l'état d'arène; il est alors facile d'en extraire le mica qui, d'ailleurs, ne paraît pas être décomposé.

Un deuxième essai a eu lieu sur le mica ferromagnésien du granite gneissique de la Chapelle près Bruyères.

Ce granite est à deux micas, et appartient au granite des Vosges. Comme il est entièrement désagrégé, il est facile d'en extraire le mica. On emploie même ce mica comme poudre pour l'écriture. A cet effet, on le purifie par un lavage et on lui donne une couleur dorée en le chauffant dans un four.

Le mica ferro-magnésien de La Chapelle retient une proportion d'eau considérable, car sa perte au feu s'élève à 5,20; il est donc vraisemblable qu'il a subi lui-même quelque altération.

Les deux micas du granite qui ont été essayés avaient une couleur brun noirâtre; vus par transmission ils paraissaient brun-rouge.

I. — Mica du granite porphyroïde et à 1 mica de Plombières.
II. — Mica du granite gneissique et à 2 micas de la Chapelle.

---

(1) *Annales des mines*, t. III, p. 378.
(2) Voir, pour la composition de ce granite, *Annales des mines*, 1853, t. III, p. 384.

	I.	II.
Silice.	40,77 . . .	44,48
Alumine	26,00 . . .	20,15
Oxyde de fer.		14,22
Oxyde de manganèse.	. . . . . .	
Magnésie.	18,20 . . .	7,75
Chaux.	1,64 . . .	0,99
Potasse, soude, fluor (diff.). .	10,47 . . .	7,21
Perte au feu.	2,92 . . .	5,20
Somme.	100,00 . . .	100,00

Constatons d'abord que le mica du granite de Plombières présente à peu près la même composition que le mica de la Minette. Il m'a paru seulement qu'il était un peu plus riche en fer. D'un autre côté, ses sels alcalins corrodent légèrement le platine, et il serait possible qu'il contînt aussi des traces de lithine.

Si nous passons au mica du granite de la Chapelle, il diffère notablement du mica de la Minette. Mais remarquons qu'il renferme plus de 5 p. 100 d'eau, et qu'il est décomposé. C'est à cette circonstance qu'il faut sans doute attribuer sa grande teneur en alumine et en silice, et sa pauvreté en magnésie.

Ces résultats seraient du reste d'accord avec ceux obtenus par Ebelmen dans ses recherches sur la décomposition des minéraux et des roches.

En résumé, si on fait la part de la décomposition subie par des micas pris dans des granites plus ou moins changés en arène, il n'y a pas d'autres différences entre le mica ferro-magnésien de la Minette et des granites encaissants, que celles que peut présenter le mica d'une même roche.

La Minette présente une composition minéralogique qui indique une parenté très-proche avec le granite. Car elle est à base d'orthose. Elle contient quelquefois du quartz. De plus, son mica est ferro-magnésien; or,

comme on vient de le voir, se retrouve dans tout granite et même dans toute roche granitique.

D'un autre côté, l'association de la Minette et du granite est aussi très-fréquente; elle démontre que ces deux roches doivent nécessairement être rapprochées; par conséquent, il convient de classer la Minette avec les roches granitiques, et ce n'est pas aller trop loin, que de la regarder avec M. E. de Beaumont comme une sorte de monstruosité du granite (1).

Minette de quelques autres contrées.

—Les détails dans lesquels je suis entré sur la Minette pourraient paraître exagérés, si c'était une roche spéciale aux Vosges, mais dans ces derniers temps, on l'a retrouvée dans plusieurs autres contrées.

Environs de Lyon.

Ainsi aux environs de Lyon, la Minette est fréquente et très-bien caractérisée. M. Fournet qui l'a étudiée avec beaucoup de soin, a reconnu qu'elle traverse indifféremment les granites anciens, les syénites, les porphyres quartzifères, ainsi que les roches métamorphisées du terrain de transition.

La Minette se rencontre dans les mines de cuivre de Chessy, où elle coupe le terrain de transition métamorphique et les lentilles de pyrites de cuivre qu'il renferme. Toutefois elle a une origine bien distincte de celle du minerai de cuivre, et elle en est même indépendante; car tandis que les lentilles de pyrite sont généralement orientées N. 45° E., les filons de Minette courent N. 90 à 135° E. dans une direction presque perpendiculaire. De plus, leur pendage est aussi en sens contraire. La Minette de Chessy s'arrête d'ailleurs dans le terrain de transition, et elle ne pénètre pas dans le grès bigarré (2).

(1) Élie de Beaumont. *Émanations volcaniques et métallifères.* (*Bulletin de la Société géologique*, 1847.)

(2) Drian. *Minéralogie et Pétralogie des environs de Lyon*, p. 283. Lettres de M. Fournet.

Saône-et-Loire. MM. Fournet et Drouot ont observé également la Minette dans le département de Saône-et-Loire, notamment dans les environs de Saint-Laurent et de Romanèche. Là encore, elle traverse la syénite et le porphyre quartzifère (1).

Nord du plateau central. La Minette existe aussi à Bourbon dans la Nièvre et dans le nord du plateau central.

Manche. Dans le département de la Manche, à Briquebec, je signalerai une Minette porphyroïde brun rougeâtre à grandes lamelles de mica qui se délite en sphéroïdes (2). Elle ressemble complétement à la Minette feldspathique des Vosges ; or cette dernière passe, comme nous l'avons vu, à une Minette bien caractérisée.

Cévennes. La roche micacée à laquelle M. Cordier a donné le nom de *Fraidronite*, peut également être considérée comme une variété de Minette. On sait qu'elle joue un rôle important dans les Cévennes, où elle a été étudiée par MM. Emilien Dumas, Lan et d'Hombres Firmas. Elle s'observe dans la Lozère et dans le Gard, notamment à Vialas, à Malons et à Vallerange, dans la chaîne de l'Aigoual, dans la vallée du Gardon, près de Saint-Jean du Gard et près d'Anduze, dans l'arrondissement d'Alais (3). Ses filons sont toujours enclavés dans des roches granitiques ou bien dans des schistes micacés métamorphiques. Sur certains points, ces schistes sont recouverts par le terrain houiller dans lequel on n'ob-

---

(1) Fournet. *Aperçus sur diverses questions géologiques.* (Société nationale d'agriculture, d'histoire naturelle et des arts utiles de Lyon. Séance du 20 avril 1849.)

(2) Collection envoyée par M. Bonissent.

(3) E. Dumas. *Congrès scientifique de France.* Nîmes, 12ᵉ session 1844, p. 334 ; et *Carte géologique du département du Gard.* — Lan. *Annales des Mines*, 5ᵉ série, t. VI, p. 412. — D'Hombres Firmas. *Note sur la Fraidronite.*

serve pas de Fraidronite; par conséquent, cette roche est plus ancienne que le terrain houiller.

— A l'entrée de la vallée de Héas dans les Pyrénées, M. Des Cloizeaux a trouvé une roche à structure variolée qui paraît être une Minette globuleuse. Son mica est brun foncé et ferro-magnésien. Ses globules sont vert noirâtre. Cette roche présente en outre une particularité remarquable; car de la chaux fluatée ayant une couleur améthyste s'y montre en nodules qui sont entourés par du mica. On a une couronne de mica, comme celle qui enveloppe les nodules de granite qu'on trouve dans la Minette. Sa formation est d'ailleurs facile à concevoir ici, puisque le mica enveloppe un minéral très-riche en fluor, la chaux fluatée.

La collection de roches que M. A. Transon a rapportée de l'île de Jersey, m'a montré que la Minette forme des filons dans la syénite de Town Hill, près de Saint-Hélier. Cette Minette se relie sans doute avec celle du département de la Manche. Elle est bien caractérisée, et ses lamelles de mica atteignent quelquefois plusieurs centimètres de longueur (1). Ile de Jersey.

M. Lortet a retrouvé la Minette dans le duché de Bade, et M. de Sismonda au lac Majeur. M. Fournet pense qu'elle existe aussi dans la vallée d'Annivier en Valais. Bade, Valais, lac Majeur.

On doit encore rapporter à la Minette le trapp micacé (*Gimmertrapp*) que MM. Naumann et Cotta ont observé dans la Saxe. Cette roche se trouve entre Metzdorff et Lippersdorg, dans l'Erzgebirge. Elle a une dureté assez élevée qui est comprise entre 2,7 et 2,8. Elle est souvent tachetée et globuleuse; cette dernière variété a Saxe.

(1) *Annales des mines*, 4e série, 1851, t. XX. *Essai d'une description géologique de l'île de Jersey*, page 213.

quelquefois reçu le nom de variolite, et quand elle est schistoïde, on l'appelle *fruchtschiefer*, *fruchtgneiss*. Elle est enclavée dans le gneiss dans lequel elle forme quelquefois des amas horizontaux (1).

Le porphyre micacé (*glimmerporphyr*) qui est en filons dans le granite et dans la syénite de Meissen, forme une sorte de transition entre la Minette et le porphyre (2).

Il en est de même pour le porphyre micacé du Thuringerwald.

Tous ces porphyres ne contiennent que peu ou point de quartz; mais ils renferment du mica, de l'orthose, ainsi que de l'hornblende décomposée. Leur pâte se rapproche beaucoup de celle de la Minette.

Dans le Thuringerwald, le porphyre micacé est plus récent que le groupe de la grauwake, mais plus ancien que le rothliegende (3).

— Il me reste maintenant à faire connaître quel est, d'après les faits connus jusqu'à présent, l'âge qui doit être attribué à la Minette.

Age de la Minette. La Minette des Vosges est plus ancienne que le grès vosgien; car elle ne pénètre pas dans ce grès quand bien même elle traverse les granites qui le supportent. Il est vraisemblable aussi qu'elle est plus ancienne que le terrain houiller proprement, puisqu'on n'y a pas encore signalé sa présence.

---

(1) Naumann et B. Cotta. *Geognostische Beschreibung des Kœnigreiches Sachsen*, t. II, p. 96.—*Neues Jahrbuch*, 1853, p. 561.

(2) Naumann et B. Cotta. *Geognostische Beschreibung des Kœnigreiches Sachsen*, t. II, p. 97, 99; t. V, p. 154, 176.

(3) B. Cotta. *Neues Jahrbuch von Leonhard und Bronn*, p. 76.

D'un autre côté, elle est plus récente que le terrain dévonien; elle est même plus récente que la syénite des Ballons qui a redressé ce dernier terrain.

La Minette s'est formée cependant lorsque les massifs de syénite étaient déjà complétement consolidés et elle a rempli leurs fissures. Il me paraît probable qu'elle représente les parties du magma éruptif qui sont restées les dernières à l'état fluide; elle a donc apparu après l'éruption et la cristallisation de la syénite, lorsque les Vosges avaient déjà reçu le relief qui leur a été donné par le système des Ballons (1).

L'étude de la Minette dans les diverses contrées dans lesquelles on l'a observée montre que sa formation est en relation immédiate avec celle des grands massifs granitiques. Elle a rempli les fissures qui se sont produites dans ces massifs et dans les roches stratifiées qui les recouvrent. Toutefois elle appartient aux roches éruptives anciennes, car jusqu'à présent son existence n'a été bien constatée que dans des roches qui sont au moins contemporaines des terrains paléozoïques, et même on ne la connaît pas dans le terrain houiller proprement dit.

A différents âges, on trouve d'ailleurs des roches micacées éruptives qui ont une composition minéralogique différente de la Minette, mais qui jouent cependant le même rôle relativement aux roches feldspathiques.

---

(1) Élie de Beaumont. *Notice sur les Systèmes de montagnes*, p. 222. Système des Ballons.

RÉSUMÉ.

La Minette est formée d'orthose et de mica ferro-magnésien : ces minéraux sont disséminés dans une pâte feldspathique qui le plus souvent contient aussi de l'hornblende.

L'orthose est généralement en petites lamelles peu visibles et il peut même disparaître complétement ; cependant il se montre quelquefois en cristaux, et alors la Minette passe au porphyre.

Le mica est le minéral le plus caractérisque et le plus constant de la Minette. Il est brun noirâtre et plus rarement verdâtre ; il a deux axes de double réfraction très-rapprochés qui font un angle moindre que 5°. Il s'attaque par les acides. Je le nommerai mcia ferro-magnésien, parce que ses bases principales sont l'oxyde de fer et la magnésie ; il renferme cependant de l'alumine et des alcalis.

L'hornblende est vert grisâtre ou vert foncé. Elle est généralement à un état d'altération avancée. Son éclat est gras et elle est assez tendre pour se laisser rayer par l'ongle. Elle peut contenir plus de 10 p. 100 d'eau.

Les minéraux accessoires de la Minette sont le quartz, le feldspath du sixième système, la chlorite, la terre verte, les carbonates et le fer oxydulé.

Accidentellement on y trouve du fer oligiste.

Bien que le quartz accompagne presque constamment l'orthose, il est toujours très-rare dans la Minette, et le plus souvent même il manque complétement : c'est un des caractères distinctifs de cette roche.

La pâte feldspathique a une composition qui se rapproche plus ou moins de celle de l'orthose.

Quant à la Minette elle-même, bien qu'elle soit riche en mica, c'est une roche essentiellement feldspathique.

Comme le porphyre, elle est à base d'orthose et la potasse est son alcali dominant.

Elle renferme toutefois plus de magnésie et d'oxyde de fer que le porphyre. Sa teneur en silice est aussi plus faible et elle varie de 65 à 50 pour cent; elle descend donc jusqu'à la limite inférieure de la teneur en silice pour les roches à base d'orthose.

Les minéraux enclavés dans la Minette sont surtout la chaux carbonatée, le quartz, la chlorite. Il y a aussi accidentellement de l'halloysite, de l'épidote, ainsi que des minerais de fer et divers minéraux des filons.

On y rencontre encore de la krokidolithe, qui est une asbeste amphibolique, de couleur bleue.

La Minette est le plus généralement à grain fin, et on distingue seulement ses paillettes de mica. Cependant elle devient porphyroïde quand l'orthose a pu cristalliser; elle prend une structure variolée quand il s'est réuni en globules.

Elle est quelquefois celluleuse ou amygdaloïde.

La structure de séparation la rend schistoïde, ou bien encore la divise, soit en parallélipipèdes, soit en sphéroïdes.

La Minette est une roche éruptive bien caractérisée.

Elle se présente en filons, et c'est seulement par exception qu'elle paraît stratifiée.

La puissance de ses filons est généralement faible et au plus de quelques mètres. Leur pendage est considérable.

Dans les Vosges, la Minette s'observe surtout dans le granite et dans la syénite. Ses caractères varient avec la puissance de ses filons, et aussi avec la nature de la roche encaissante. Elle passe souvent au porphyre.

Elle traverse la série des terrains stratifiés jus-

qu'au terrain dévonien dans lequel elle pénètre; mais on ne la connaît pas dans le terrain houiller proprement dit.

Le métamorphisme produit par la Minette dans les roches encaissantes est limité à une petite distance du point de contact.

Il arrive même fréquemment que ces roches n'ont pas éprouvé d'altération sensible.

— Les caractères minéralogiques et géologiques de la Minette montrent que c'est une variété de porphyre à base d'orthose dans lequel le mica est devenu très-abondant, tandis que le quartz a presque disparu. On peut donc la nommer aussi porphyre micacé ou eurite micacée.

Elle a une grande ressemblance avec la Kersantite; car cette dernière est formée par un feldspath du sixième système associé, comme dans la Minette, à du mica ferro-magnésien. Malgré plusieurs propriétés communes, les deux roches sont toutefois bien distinctes, puisque leurs feldspaths sont différents.

La Minette n'est pas une roche spéciale aux Vosges, on l'a retrouvée sur un assez grand nombre de points en France, en Saxe et en Italie. L'étude des gisements connus jusqu'à présent, montre qu'elle est généralement enclavée dans les roches granitiques auxquelles elle paraît associée.

Elle forme la transition entre les roches à base d'orthose et les roches à base de feldspath du sixième système.

EXAMEN COMPARATIF ET ANALYSE

DE L'EUDIALYTE ET DE L'EUKOLITE.

RÉUNION DE CES SUBSTANCES MINÉRALES EN UNE SEULE ESPÈCE.

Par M. DAMOUR.

L'eudialyte, espèce minérale qui tire son nom de la facilité avec laquelle elle se laisse dissoudre par les acides, n'a été observée jusqu'à ce jour que dans une seule localité : c'est à Kangerdlwarsuk, sur la côte occidentale du Groënland, qu'elle a été trouvée, il y a une quarantaine d'années, pour la première fois, par le docteur Giesecke. Les échantillons assez nombreux qu'on a recueillis sur le même gîte depuis cette époque nous montrent cette substance associée à la sodalite et à l'arfwedsonite.

On a trouvé plus récemment dans la syénite zirconienne de Brevig, en Norwége, un minéral dont les caractères physiques et chimiques ont beaucoup d'analogie avec ceux de l'eudialyte. Ce nouveau minéral a été classé tout d'abord comme formant une espèce distincte et désignée sous le nom d'*eukolite*. Plus tard, M. Scheerer en a fait une analyse et a cru pouvoir le rapporter à la *wöhlerite*.

La similitude des caractères qu'on observe entre l'eudialyte et l'eukolite donnant à présumer que ces minéraux pouvaient avoir une composition identique, j'ai jugé utile de les soumettre à un examen comparatif et d'en faire de nouvelles analyses.

Je dois à l'obligeance de M. le professeur Forchammer, de Copenhague, les échantillons d'eudialyte employés dans mes essais.

On sait déjà que l'eudialyte se présente en cristaux dérivant d'un rhomboèdre de 73°,30; il est aussi en masses cristallines montrant quelquefois un double clivage assez net qui conduit au prisme hexagonal de 120°. On a également cité des indices de clivages parallèles aux faces du rhomboèdre primitif et à celles d'un rhomboèdre plus obtus. Sa couleur est rose ou rouge violacé offrant des teintes identiques à celles de diverses variétés de grenat almandin. L'eudialyte est quelquefois transparent; mais d'ordinaire il se montre fendillé en tous sens et n'est translucide que sur les bords de ses minces fragments. Il raye l'apatite et est rayé par le feldspath. J'ai trouvé sa densité égale à 2,906.

Ce minéral fond au chalumeau en un verre transparent, de couleur vert sombre; il est facilement attaqué par les acides et s'y réduit en une épaisse *gelée*.

L'eukolite de Norwége se montre en petites masses vitreuses de couleur rouge brunâtre, présentant quelquefois deux clivages assez nets qui, comme dans l'eudialyte, conduisent à un prisme hexagonal régulier. Ce minéral montre aussi, sur quelques échantillons, un certain degré de transparence; mais il est habituellement en masses fendillées en divers sens. Sa dureté est la même que celle de l'eudialyte; j'ai trouvé, pour sa densité, le nombre 3,007. En l'examinant par transparence, à la lumière polarisée, il montre, comme l'eudialyte, un seul axe optique, avec cette légère différence que l'axe est positif dans l'eudialyte et que, dans l'eukolite, il est négatif (1).

---

(1) Dans son *Traité de minéralogie* (1er supplément, 1855, page 7), M. Dana annonce que l'eukolite est pourvu de deux axes optiques, et m'attribue à tort cette observation : je dois rectifier cette erreur, assurément involontaire de la part de M. Dana. Je n'avais fait jusqu'à ce moment aucune expérience

Les caractères chimiques de l'eukolite sont identiques à ceux de l'eudialyte.

Je crois devoir entrer dans quelques détails sur la méthode que j'ai suivie pour analyser ces substances qui sont formées d'éléments assez nombreux.

Le minéral, réduit en poudre très-fine, a été attaqué par l'acide chlorhydrique mis en grand excès : en faisant légèrement chauffer la liqueur et agitant la poudre avec une baguette de verre, la dissolution s'est opérée complétement, à l'exception de quelques flocons de silice et d'acide tantalique. En évaporant la liqueur, elle s'est prise en gelée ; après une dessiccation suffisante, on a repris la masse par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et ensuite par une grande quantité d'eau, puis on a filtré pour séparer la silice.

La silice, chauffée au rouge et pesée, a été traitée dans une capsule en platine par l'acide fluorhydrique étendu d'eau : elle s'est volatilisée à l'état de gaz fluoride silicique. La liqueur fluorhydrique, additionnée d'acide sulfurique, a été évaporée à siccité et le résidu calciné ; ce résidu, assez faible du reste, consistait en acide tantalique et en zircone. On a séparé ces deux matières en les attaquant par l'acide sulfurique à la température de $+200°$: ajoutant ensuite de l'eau et chauffant la liqueur jusqu'à l'ébullition, la zircone s'est dissoute ; il s'est précipité de l'acide tantalique en flocons grisâtres qui retenaient de la zircone et des traces d'oxyde de manganèse. On a dissous ces flocons dans la potasse caustique ; la zircone et l'oxyde de manga-

---

d'optique sur ce minéral : Par un examen tout récent, M. Descloizeaux a reconnu et j'ai vérifié avec lui que l'eukolite ne possède qu'un seul axe optique, ce qui, du reste, s'accorde parfaitement avec le système cristallin indiqué par les clivages de cette substance.

nèse sont restés insolubles. La liqueur alcaline, sursaturée d'acide sulfurique, a donné un précipité blanc qui, après avoir été lavé et pesé, a présenté par l'essai au chalumeau, avec le sel de phosphore, les caractères de l'acide tantalique. Le poids de cet acide et celui de la zircone ont été retranchés de la quantité trouvée de silice.

La liqueur acide séparée de la silice a été additionnée de chlorure ammonique et saturée d'ammoniaque. Il s'est formé un abondant précipité brun (A), qu'on a fait bouillir dans la liqueur pendant quelque temps. On a ensuite filtré la liqueur avant qu'elle ne fût refroidie.

Cette liqueur filtrée contenait de la chaux, de l'oxyde de manganèse et de la soude. On a précipité la chaux par l'oxalate d'ammoniaque. Cet oxalate, fortement calciné, a donné de la chaux caustique qu'on a pesée; reprenant cette chaux par une dissolution froide de nitrate ammonique, elle s'est dissoute en abandonnant quelques flocons bruns d'oxyde de manganèse qu'on a recueillis et dont le poids a été retranché de celui de la chaux.

La liqueur, séparée de l'oxalate de chaux, a été évaporée à siccité, et le résidu chauffé pour chasser les sels ammoniacaux. Il est resté du chlorure sodique renfermant du chlorure manganeux. On a redissous les chlorures dans un excès d'acide oxalique, puis on a évaporé et calciné de nouveau. Les chlorures se sont transformés successivement en oxalates, puis en carbonates; on a repris par l'eau et filtré pour séparer du carbonate et de l'oxyde de manganèse. La liqueur filtrée ayant été saturée d'acide chlorhydrique et évaporée à siccité, a donné du chlorure sodique dont le poids a servi à évaluer la quantité de soude renfermée dans la matière analysée.

Le précipité brun (A), dont il est question ci-dessus, contient de la zircone, des oxydes de fer, de manganèse, de cérium et de lanthane (ces deux derniers ne se sont trouvés que dans l'eukolite).

On a dissout le tout dans l'acide nitrique et l'on a versé de l'acide oxalique dans la dissolution étendue d'eau. Les oxydes de cérium et de lanthane se sont précipités à l'état d'oxalates. On a calciné ces oxalates et l'on a séparé les oxydes l'un de l'autre en les faisant bouillir avec une dissolution de nitrate ammoniaque; l'oxyde de lanthane seul a été dissous.

La liqueur séparée des oxalates de cérium et de lanthane a été additionnée d'acide citrique et versée goutte à goutte dans une dissolution de carbonate ammoniacal à laquelle on avait ajouté de l'ammoniaque caustique. Il ne s'est formé aucun précipité. L'addition du sulfhydrate ammonique a donné lieu à un dépôt assez notable de sulfure de fer qu'on a recueilli sur un filtre. Ce sulfure a été redissous dans un mélange d'acides nitrique et sulfurique; on a évaporé le tout et calciné le résidu qui a donné de l'oxyde ferrique, dont la proportion a servi à évaluer celle de l'oxyde ferreux contenu dans la matière analysée.

La liqueur séparée du sulfure de fer a été évaporée à siccité, et le résidu fortement calciné consistait en zircone un peu colorée en brunâtre par de l'oxyde de manganèse.

M'étant assuré que l'eudialyte et l'eukolite renfermaient du chlore, j'ai dosé ce dernier élément, par voie directe, en faisant fondre dans un tube de verre, au rouge naissant, une quantité pesée de ces matières, avec du bisulfate de potasse récemment fondu, et recueillant le gaz qui s'en dégageait dans un tube recourbé en fer à cheval et contenant une dissolution de

nitrate argentique. Il s'est formé dans cette dissolution un dépôt de chlorure argentique dont le poids a servi à évaluer la proportion de chlore contenue dans le minéral. La quantité de chlore ainsi dosée directement donne un nombre un peu inférieur à celui qui résulte de la perte que subissent l'eudialyte et l'eukolite lorsqu'on les fait fondre au rouge blanc dans un creuset de platine. Il est donc probable que ces minéraux renferment quelque autre principe volatil qui du reste ne peut y exister qu'en très-minime proportion.

J'ai dit plus haut que dans ces substances minérales le fer avait été évalué à l'état de protoxyde. M. Rammelsberg avait déjà reconnu ce même degré d'oxydation du fer dans l'eudialyte. Voulant m'assurer s'il en était de même pour l'eukolite, j'ai soumis à l'action d'un courant d'hydrogène une quantité pesée de ce dernier minéral réduit en poudre et placé dans un tube en platine chauffé au rouge. Pendant l'opération, il s'est dégagé de l'eau et de l'acide chlorhydrique : après son refroidissement, la matière était agglutinée et de couleur gris de fer. La diminution de poids qu'elle avait subie correspondait approximativement aux quantités de chlore, de matières volatiles que le minéral contient, et à la quantité d'oxygène nécessaire pour former de l'oxyde ferreux avec la proportion de fer que l'analyse y avait constatée. La matière ainsi réduite par l'hydrogène étant jetée dans l'acide chlorhydrique faible, s'est trouvée attaquée avec dégagement d'hydrogène. Cette expérience me porte donc à admettre que dans l'eukolite, comme dans l'eudialyte, le fer existe à l'état de protoxyde. A défaut de preuve directe, la couleur rouge particulière à ces deux substances était déjà un indice qu'elles contiennent le fer à l'état de protoxyde, par analogie avec les grenats almandins (grenats à base

d'oxyde ferreux), qui, comme on le sait, présentent constamment, lorsqu'ils sont purs, les diverses teintes du rouge.

Voici les résultats que m'a donné la moyenne de plusieurs analyses, tant sur l'eudialyte que sur l'eukolite :

Eudialyte de Groënland.

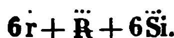
		Oxygène.		Rapport.
Silice	0,5038	0,2616	0.2620	6
Acide tantalique	0,0035	0,0004		
Zircone	0,1560		0.0410	1
Oxyde ferreux	0,0637	0,0141	0,0775	2
Chaux	0,0923	0,0262		
Oxyde manganeux	0,0161	0,0036		
Soude	0,1310	0,0336		
Chlore	0,0148			
Matières volatiles	0,0125			
	0,9937			

Eukolite de Norwége.

		Oxygène.		Rapport.
Silice	0,4570	0,2372	0,2399	6
Acide tantalique	0,0235	0,0027		
Zircone	0,1422	0,0364	0,0414	1
Oxyde cérique	0,0249	0,0050		
Oxyde ferreux	0,0683	0,0152	0,0792	2
Oxyde de lanthane	0,0111	0,0016		
Chaux	0,0966	0,0274		
Oxyde manganeux	0,0235	0,0053		
Soude	0,1159	0,0297		
Chlore	0,0111			
Matières volatiles	0,0183			
	0,9924			

A la seule différence de quelques centièmes d'oxyde de cérium et de lanthane qui existent dans l'eukolite et que je n'ai pas trouvés dans l'eudialyte, on voit que ces minéraux présentent une composition identique. Si l'on réunit l'oxygène de l'acide tantalique et de la silice, d'une part, et l'oxygène de l'oxyde cérique à celui de

la zircone, on trouve pour l'eukolite les mêmes rapports que M. Rammelsberg avait déjà assignés à l'eudialyte ; ces matières peuvent être ainsi représentées sous la même formule générale :



$$6\dot{r} + \dddot{R} + 6\dddot{S}i.$$

M. Scheerer, qui le premier a publié une analyse de l'eukolite, avait assigné à cette substance la composition suivante :

Silice	0,4785
Acide tantalique et zircone	0,1405
Oxyde ferrique	0,0824
Oxyde manganeux	0,0194
Chaux	0,1206
Oxyde céreux	0,0298
Soude	0,1231
Eau	0,0094
	1,0037

On voit dans cette analyse que M. Scheerer n'a pas séparé la zircone de l'acide tantalique ; présumant sans doute que cet acide prédominait notablement dans le mélange, il a cru pouvoir rapporter l'eukolite à une autre espèce déjà connue sous le nom de wöhlerite.

Les caractères que j'ai exposés ci-dessus et la composition que j'ai cru reconnaître dans l'eukolite me semblent justifier, de préférence, la réunion de cette substance minérale à l'eudialyte, dont elle ne serait qu'une simple variété caractérisée par sa teinte brune, par la présence d'une faible proportion d'oxydes de lanthane et de cérium et par la propriété négative de son axe de double réfraction.

EXTRAITS DE MINÉRALOGIE

Par M. DE SÉNARMONT.

(TRAVAUX DE 1855-1856.)

Sur l'amphibole de Neurode (Silésie); par M. G. VON RATH.

(*Pogg. Ann.*, t. XCV, p. 557.)

Dans la diorite, en masses clivables, sans forme cristalline. Suivant G. Rose, elle doit son origine à du pyroxène; est donc de l'ouralite. Densité, 3,273.

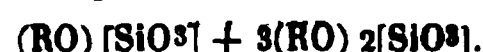
SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	Potasse et soude.	Perte au feu.	Total.
48,70	0,82	25,21	11,25	12,01	traces.	1,01	99,00

Analyse de l'amphibole hornblende de la syénite de Norwége; par KOVANKO et PREZYREWSKY.

(*J. pr. Chem.*, t. LXV, p. 341.)

SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Total.
37,34	12,66	10,24	9,02	0,75	11,43	10,35	4,18	2,11	1,85	99,93

Scheerer regarde ce résultat comme une preuve que $3R^2O^3$ est isomorphe polymère avec $2SiO^3$ et 3HO avec RO; puisque dans ce cas l'analyse répond à la formule



$$(RO)\,[SiO^3] + 3(RO)\,2[SiO^3].$$

Sur l'enstatite; par KENNGOTT.

(*Wien. Acad. Ber.*, t. XVI, p. 162.)

Minérai pris pour de la skapolithe, trouvé dans la pseudophite du mont Zdjar, près Aloysthal (Moravie). Cristaux linéaires, souvent brisés en travers, non terminés; en les regardant comme dérivés d'un prisme oblique, ils montrent les faces (h^1, g^1). Clivages suivant ces faces et suivant celles d'un prisme voisin de 87°. Gris-blanc, quelquefois jaunâtre ou verdâtre. Mat sur les faces; éclat nacré, presque vitreux, assez vif sur

les clivages. Demi-transparent, translucide sur les bords. Poussière blanche. Cassant. Dureté, 5,5. Densité, 3,10 à 3,13. Presque infusible au chalumeau. Blanchit et prend l'apparence d'un émail sur les bords. Pas de couleur bleue avec la solution de cobalt. Insoluble dans l'acide azotique.

Analysé par C. von Hauer.

SiO^3	Al^2O^3	FeO	MgO	HO	Total.
56,94	2,80	2,76	35,44	1,92	99,53
57,28	5,60		36,25		

Ce minéral se rapportant à la formule $3MgO\,2SiO^3$, est un pyroxène.

Analyse du pyroxène augite du Kayserstühl; par Schill.

(G. Leonhardts. *Mineralien Badens*, 2 Aufl., 19.)

Cristaux tabulaires allongés, souvent maclés en croix.

SiO^3	CaO	MgO	FeO	Mne	PhO^5	Total.
49,20	9,50	24,9	4,30	5,91	6,42	100,30

Sur le diallage du granite d'Achmatowsk; par R. Hermann.

(*Bull. soc. nat. de Moscou*, 1854, n° 1, 278.)

Faces (M, h^3, h^1).

Clivage parfait suivant h^1. Sur ce clivage, éclat vif, vitreux, passant au métallique. Brun-clair. Dureté, 4,8. Densité, 3,21.

SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	HO	Total.
51,47	1,15	1,30	27,81	15,63	2,30	100,25

Sur l'hypersthène; par T. S. Hunt.

(*Phil. mag.* [4], t. IX, p. 308.)

D'une roche feldspathique du canton de Château-Richer, près de Québec. Masses lamelleuses à faces courbes; outre le clivage basal, clivages parallèles aux faces d'un prisme oblique de 87° et parallèle à la grande diagonale de ce prisme. Dureté, 6. Densité, 3,409 à 3,417. Eclat vitreux. Couleur brun-noir.

SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	Mn	Perte au feu.	Total.
51,10	3,80	20,38	1,64	22,70	trace.	0,15	99,77

Analyse de l'allanite; par GENTH et par P. KEISER.

(Sillim. *Am. Journ.* [2], t. XIX, p. 20.

I. Orange county, N. York. Compacte, sans clivages; dureté, 5,5. Densité, 3,782. Eclat résineux. Couleur noir de poix. Poussière grise. Opaque. Cassure inégale un peu conchoïde. Fragile. Fusible au chalumeau en verre noir bulleux. Facilement soluble dans l'acide chlorhydrique.

II. D'Eckhardt's Furnace, Berk's county Pensylv. Analogue au précédent. Dureté, 6. Densité, 5,825 à 3,831.

III. De Bethlehem, Northampton county. Compacte. Dureté, 5. Densité, 3,491. Eclat résineux. Noir-brunâtre.

Moyenne des analyses.

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CeO	LaO et DiO	MgO	CaO	NaO	KO	HO
I.	32,20	11,99	6,34	10,55	0,51	15,36	8,84	0,84	9,15	1,00	0,18	1,19
II.	32,89	12,45	7,33	9,02	0,25	15,67	10,10	1,77	7,12	0,09	0,14	2,49
III.	33,32	14,33	10,83	7,20	»	13,41	2,70	1,23	11,27	0,41	1,33	3,01

Le rapport de l'oxygène de RO : R^2O^3 : SiO^3 est dans I de 1 : 0,8 : 1,8 ou 5 : 4 : 9, et pour II et III, de 1 : 1 : 2.

La présence de l'eau peut être attribuée à un commencement de décomposition.

Analyse de l'orthite de la mine de Noes, près d'Arendal; par D. FORBES et T. DAHLL.

(*Nyt. Magaz. für Naturvidensk*, VIII, 3, 213.)

Compacte, dans de l'orthose rouge. Noir-verdâtre. Poussière gris-verdâtre. Dureté, 6. Densité, 2,86 à 2,93.

SiO^3	Al^2O^3	Fe^7O^3	Ce^2O^3	Be^2O^3	LaO.DiO	YO	CaO	Alcalis et perte.	HO
31,03	9,29	22,98	7,24	3,71	4,35	1,02	6,39	1,75	12,24

Analyse de l'orthite de Wexiö; par C. W. BLOMSTRAND.

(*Oefvers. of Akad. Förhandl.*, 1854, n° 9, 196.)

Compacte ou cristallisé dans une roche feldspathique granitique, dépendant d'une amphibolite noire, avec épidote. Densité, 3,77.

SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	Ce^2O^3	YO	CaO	MgO	KO	NaO	MnO	HO et perte.
33,25	14,74	14,30	14,51	0,69	12,04	0,74	0,29	0,14	1,08	8,22

Analyses de l'épidote; par STOCKAR-ESCHER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCV, p. 501.)

Cristaux choisis, ne renfermant ni protoxyde de fer, ni acide carbonique, et ne perdant au feu que de l'eau.

I. De Guttannen (vert-brun, transparent et translucide, cristaux accolés, avec quartz, orthose et byssolithe. Densité, 3,3-3).

II. Du Sustenhorn (brun-vert sale, transparent, en petits faisceaux sur quartz, avec chlorite, et quelquefois avec albite. Densité, 3,326).

III. De Lole dans le Magis (Vorderrheinthal) (vert-brun, semi-transparent. Éclat vitreux vif, en petits cristaux avec byssolithe, chaux carbonatée, quartz et sphène. Densité, 3,359).

IV. Du St-Gothard (Escherite, peut-être de la vallée de Maggia-Tessin. Brun-jaune, tirant sur le vert, avec quartz, orthose et prehnite, sur une roche feldspathique. En faisceaux. Densité, 3,381).

V. Du Kaverdiras (Vorderrheinthal) (brun-vert, transparent. Éclat vitreux prononcé. En cristaux se pénétrant. Densité, 3,369).

VI. Du St-Gothard. (Peut-être de la vallée de Formazza.) (Cristaux détachés vert-brun. Densité, 3,378).

VII. Du bourg d'Oisans.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII. (*)
Silice	38,04	36,43	[illegible]	[illegible]	37,66	38,28	37,34
Alumine	26,38	26,40	28,48	27,74	27,35	27,52	22,03
Peroxyde de fer	9,18	8,74	7,56	8,27	8,30	8,66	15,57
Chaux	23,54	23,89	22,64	23,53	23,91	22,87	22,55
Eau	2,02	2,46	2,30	2,04	2,23	2,41	2,35
Total	99,71	[illegible]	99,37	99,06	100,14	99,74	[illegible]

(*) Moyennes des analyses.

Le rapport de l'oxygène dans SiO^3, R^2O^3, RO et HO, est en moyenne de 19,7 : 15,3 : 6,7 : 2,0.

Analyse d'épidote manganésifère de St-Marcel; par H. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE.

(*Ann. de chim. et de phys.*, t. XLVII, p. 18.)

Silice	37,3
Alumine	15,9
Peroxyde de fer	4,8
Sesquioxyde de manganèse	19,0
Chaux	22,8
Magnésie	0,2
Total	100,0

Analyses d'épidote; par SCHEERER et E. RICHTER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCV, p. 501.)

I. De bourg d'Oisans.

II. D'Arendal (Gros cristaux transparents, partie dans le quartz, partie dans la chaux carbonatée).

III. De Traverselle (Gros cristaux, avec traversellite, pyroxène, grenat et quelquefois avec chlorite, chaux carbonatée et quartz).

IV. De Guttannen.

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO	CaO	MgO	HO.	All	Total.
I.	37,86	20,78	18,46	»	22,70	0,29	2,09	trace.	99,91
II.	37,59	20,23	16,57	»	22,64	0,41	2,11	0,02	100,07
III.	37,65	20,64	16,90	0,40	22,32	0,46	[illegible]	0,04	100,13
IV.	38,99	25,76	9,00	»	22,76	0,61	2,05	?	100,16

Pas d'acide carbonique.

Le rapport de l'oxygène de SiO^3, R^2O^3, RO et HO, est de 19,7 : 14,7 : 6,7 : 1,9.

Analyse de l'idocrase de Polk-County (Tennessée); par J.-W. MALLET.

(*Sillim. Am. Journ.* [2], t. XX, p. 85.)

Cristaux longs et minces, fortement striés en long. Forme peu nette. Transparents, presque incolores, avec une légère teinte d'un vert brunâtre. Dans un mélange de fer sulfuré et de cuivre pyriteux. Dureté, 6,5. Densité, 3,359.

SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	Cuivre pyr.	Total.
38,32	25,68	8,13	25,39	0,36	1,91	99,79

Détermination de l'eau et de l'acide carbonique dans l'idocrase; par MAGNUS.

(*Berl. Acad. Ber.*, 1855, 548.)

L'idocrase ne perd pas son eau à la température de l'argent fondant, mais seulement au feu de forge.

	Slataoust.	Ala.	Vésuve (verte).	Vésuve (brune).	
Perte de poids pour 100.	2,54	3,18	2,63	1,78	1,55
Eau.	2,44	2,98	[illegible]	1,79	[illegible]
Acide carbonique.	0,15	»	»	0,06	»

Analyses de l'idocrase; par SCHEERER et R. RICHTER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCV, p. 520.)

I. D'Ala (Piémont). Beaux cristaux, vert foncé. Éclat vitreux, vif, transparent sur les bords.

II. Du Vésuve.

III. D'Eger (Norwége). Éclat vitreux, petits cristaux vert-brun.

IV. De Wilui.

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	HO	ClH	Total.
I.	37,35	11,85	9,23	»	trace.	32,70	6,03	2,725	6,015	99,90
II (*)	37,90	12,11	9,36	»	trace.	32,11	7,11	1,67	?	100,16
III.	37,73	13,49	5,95	0,95	0,47	37,49	1,98	1,89	?	99,95
IV.	38,11	14,41	5,74	»	0,71	34,50	6,35	»	»	99,82

(*) Traces de nickel et d'acide phosphorique.

Analyses de grenats, faites sous la direction de M. Genth.

(*Sillim. Am. Journ.* [2], t. XIX, p. 20.)

I. Grenat compacte rouge de Yonkers, N.-Y., par W. L. Taylor.

II. Grenat de Greene's Creek (Delaware county, Pensyl.), par C. A.

Ces deux grenats ont été pris à tort pour des pyropes.

	SiO^3	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	Total.
I.	33,32	21,46	36,23	2,46	1,38	6,29	100,17
II.	40,15	20,77	26,66	1,85	1,83	8,08	99,34

Analyse d'un grenat du micaschiste d'Orawitza (Banat); par KJERULF.

(*Nyt. Magaz. für Naturvidensk*, VIII, 2, 173.)

SiO^3	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	Total.
37,52	20,01	36,02	1,29	0,89	2,51	98,24

Analyse d'un grenat yttrifère de Norwége; par BERGEMANN.

(*Verhandl. d. Niederrhein, Gesellsch. f. Natur- und Heilk*, 1854, juli. 18.)

Analogue à la mélanite de Frascati. Dans un feldspath vert. Densité, 3,88. Dureté de l'apatite. Plus facilement attaquable à l'acide azotique que les grenats ordinaires. Infusible au chalumeau.

SiO^3	Fe^2O^3	MnO	CaO	MgO	YO	Total.
34,94	36,01	1,89	26,04	0,50	6,66	99,24

Analyse du labradorite; par C. W. Blomstrand.

(*Oefvers. af. Akad. Förhandl.*, 1854, 9, 296.)

Cristaux violets ou gris, de 2,68 densité, trouvés près d'Ulatutan, entre Lund et Christianstadt.

SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Total.
53,82	26,96	1,43	11,20	0,20	1,34	5,00	99,95

Analyse de l'andésine; par T. S. Hunt.

(*Phil. Mag.* [4], t. IX, p. 354.)

I, II et III. Feldspath rose, passant au brun-rouge, au brun-vert et au brun-grisâtre. Éclat vitreux. Dureté, 6. Densité, 2,667 à 2,674.

IV. Gangue verdâtre qui renferme les cristaux analysés. Grenue, clivages, éclat et dureté du feldspath. Densité de 2,665 à 2,668. De Château-Richer, près de Québec.

V. Feldspath bleu de lavande, tirant sur le bleu de saphir, transparent. Éclat vitreux. Densité, 2,687. De la Chute (Rivière du Nord, Canada).

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	P. au feu.	Total.
I.	59,55	25,62	0,75	7,73	trace.	0,96	5,09	0,45	100,55
II.	59,85	25,55	0,65	6,94	0,11	0,96	5,09	0,30	99,45
III.	59,80	25,30	0,60	7,78	0,11	1,00	5,14	»	99,82
IV.	58,60	25,80	1,00	8,06	0,20	1,16	5,45	0,40	100,57
V.	58,15	26,09	0,50	7,78	0,16	1,21	5,55	0,45	99,89

Sur la bytownite; par T. S. Hunt.

(Sillim. *Am. Journ.* [2], t. XIX, p. 429.)

Le minéral ainsi nommé par Thomson est un mélange d'anorthite avec du quartz, ou plutôt encore un mélange de plusieurs feldspaths.

Sur l'hyalophane, par Satorius de Walterhausen.

(*Pogg. Ann.*, t. XCIV, p. 134.)

Cristaux très-semblables à ceux de feldspath adulaire.

Faces (M, P, a^2h^1).

$$M : h^1 = 120°36'$$
$$M : P = 112°$$
$$P : a^2 = 130°56'$$

SiO^3	Al^2O^3	CaO	MgO	NaO	BaO (et SrO?)	SO^3	HO	Total.
24,127	49,929	1,570	0,420	5,742	14,403	3,702	0,650	99,543

$$5(3Al^2O^3, LiO^3) + 3(2RO, SiO^3) + BaO.SO^3.$$

Sur la prehnitoïde; par C. W. Blomstrand.

(*Öfvers. af. Akad. Förhandl.*, 1854, n° 9, 296.)

Minéral vert clair, analogue à la prehnite, trouvé dans les cavités d'une roche amphibolique cristalline, entre Kingsberg et le Stolberg, près Wexiö; quelquefois compacte ou bacillaire, mélangé à l'amphibole. Densité, 2,50. Dureté, 7. Cassure imparfaitement conchoïdale, et à éclat vitreux. Fond facilement en émail blanc, au chalumeau. Très-peu attaquable à l'acide azotique, avant et après l'ignition.

Silice	56,00
Alumine	22,45
Chaux	3,79
Soude	10,07
Potasse	0,46
Magnésie	0,36
Protoxyde de fer	1,01
Protoxyde de manganèse	0,18
Perte au feu	1,04
Total	95,36

Le rapport de l'oxygène $Si^2O^3 : R^2O^3 : RO$ est de 6 : 2 : 1.


$3(Ca^2O, Na^2O, SiO^5) + 2Al^2O^3, 2SiO^3$.

Sur l'alvite; par D. Forbes et T. Dahll.

(*Nyt. Magaz. for Naturvidensk*, VIII, 3, 211.)

De Alve, Helle et Narestö, près d'Arendal, en cristaux semblables au zircon. Cassure esquilleuse. Dureté, 5,5. Densité, 3,60 à 3,46. Brun-rouge, grisâtre par altération. Eclat gras, translucide sur les bords. Infusible, se décolore un peu au feu. Avec le borax, verre verdâtre à chaud, incolore à froid. Avec le sel de phosphore, verre jaune, devenant vert par refroidissement et enfin incolore. Inattaquable par les acides, même par l'acide fluorhydrique.

Analyse approximative :

Silice	20,53
Yttria	22,01
Thorine	15,13
Chaux	0,48
Zircone	3,92
Alumine et glucine	14,41
Oxyde de Cerium	0,27
Peroxyde de fer	9,63
Eau	8,32
Cuivre et étain	trace.
Total	97,24

Sur la wilsonite; par T.-S. Hunt.

(*Phil. Magaz.* [4], t. IX, p. 382.)

Clivages parallèles à deux prismes quarrés placés diagonalement. Paraît être une altération de la skapolite Dureté, de 3,5 à 5,5 sur les différentes faces; densité, 2,77. Le minéral est mélangé de chaux carbonatée.

Moyenne de deux analyses après traitement par l'acide chlorhydrique faible.

SiO^3	Al^2O^3	MgO	CaO	KO	NaO	Perte au feu.	Total.
47,70	31,80	4,18	0,95	9,30	0,88	5,43	99,64

Sur la weissigite; par Jenzsch.

(*Jahrb. Miner.*, 1855, 800.)

I. Minéral ancien, couleur de chair. Densité, 2,552.

II. Minéral plus récent, rose clair ou blanc rosé. Densité, 2,53 à 255. Probablement en pseudomorphose sur la Laumontite.

	SiO^3	Al^2O	MgO	CaO	KO	SfO	Fl. P. au feu.	Total.
I.	65,00	19,54	1,61	0,19	12,69	0,56	0,35	99,94
II.	65,21	19,71	indéterminé.				0,55	

Sur le rouge indien; par Th.-H. Rowney.

(*Edinb. New Phil. J.*, new series, II, 306.)

Couleur venant du golfe Persique. Poudre rouge foncé tirant sur le pourpre. Densité, 3,843.

	SiO^3	Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO^3	MgO	SO^3	CO^2	HO	Total.
A.	30,17	56,59	3,79	2,65	1,43	2,28	1,73	1,62	100,26
B.	»	3,91	2,22	2,65	0,87	2,28	1,73	»	13,66

A. Minéral desséché à 100.

B. Partie soluble dans l'acide chlorhydrique.

La partie insoluble répond à peu près à la formule $Fe^2O^3SiO^3$.

Sur l'hypoxanthite; par Rowney.

(*Edinb. new Phil. Journ.*, new series II, 306).

C'est la couleur brun jaune, et brun marron après calcination, qu'on a appelée jusqu'ici terre de Sienne; inattaquable par l'acide chlorhydrique. Densité, 3,46.

SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	HO	Total.
11,14	9,47	65,35	6,53	0,08	13,00	99,52

$4(Fe^2O^3, Al^2O^3)SiO^3 + 6HO$.

Sur la pektolite; par M. F. Heddle et R.-P. Greg.

(*Phil. Magaz.* [4], t. IX, p. 248.)

Ils identifient avec ce minéral la stellite de Thomson (Kilsyth, Écosse), la wollastonite de Thompson (du même endroit), la stellite de Shepard et l'osmélite de Breithaupt.

I. Pektolite de Castle-Rock, près d'Édimbourg. Wollastonite de Thompson. Translucide, masses arrondies, rayonnées dans du trapp.

II. De Ratho, près d'Édimbourg vert clair, fibreux et rayonné, masses arrondies. Densité, 2,881. Rarement en cristaux nets.

III. De Knochdolian-Hill, près de Ballantrac, Ayrshire. Dans un calcaire, souvent en aiguilles. Densité, 2,778.

IV. De la côte de Girvan, Ayrshire. Fibreux, translucide ou opaque.

V. De Talisker, île de Sky.

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	HO
I.	53,86	0,46	»	33,48	»	9,98	0,29	?
II.	52,58	1,46	»	33,75	»	8,26	»	2,80
III.	53,24	1,00	»	32,22	»	9,57	»	3,60
IV.	53,46	0,65	0,1	34,38	trace.	9,88	0,36	8,26
V.	53,82	2,73 (*)	»	29,88	»	9,55	»	3,76

(*) Alumine, oxyde de fer, magnésie, potasse.

Ils admettent la formule :



$$3(NaO, SiO^3) + 4(3CaO, 2SiO^3) 3HO.$$

Analyse de la kaemmererite de Lancaster-County (Penns); par O. Dieffenbach.

(*Jahrb. Miner.* 1855, 534.)

SiO^3	Al^2O^3	Cr^2O^3	Fe^2O^3	MgO	NaO, LiO	KO	HO	Total.
33,04	11,00	5,91	1,33	34,30	0,26	0,10	12,81	98,86



$$3(RO, SiO^3) + 2(R^2O^3, SiO^3) + 9(MgO, HO).$$

Sur la pikrolite; par Glocker.

(*Jahrb. der k. k. geol. Reichien*, VI. — *Jahrg.* 1 hess., 100.)

D'une roche augitique, entre Barnsdorf et Schœnau (Moravie), vert clair, testacé; tendance à la structure fibreuse; analogue à la pikrolite de Reichenstein (Saxe).

Analyse de Grimm :

SiO^3	MgO	FeO	HO	Total.
42,29	30,49	9,98	15,55	98,31

Analyses de saponite; par HAUGHTON.

(*Phil. Magaz.* [4], X, 255.

I. De Kynance-Cove.
II. De Gue-Grease.

	SiO^3	Al^2O^3	MgO	HO	Total.
I.	42,47	6,65	28,83	19,37	97,32
II.	42,10	7,67	30,57	18,46	98,80

Rapport. . . . $6SiO^3$, Al^2O^3, $10MgO$, $14HO$.

Analyse de l'allophane; par C.-F. JACKSON.

(*Sillim. Am. Journ.* [2], t. XIX, p. 119.)

De Polk-county (Tenessée). Dans les grands filons de cuivre oxydé noir, en concrétions botryoïdes, d'apparence cristalline; jaune de miel, éclat résineux, fragile.

Al^2O^3	SiO^3	CaO	MgO	PhO^5	HO	Total.
41,0	19,8	0,5	0,2	trace.	37,7	99,2

Sur la tritomite; par FORBES.

(*Edimb. new Phil. Journ.*, new series, III, 59.

La forme décrite par Weibye ne se rapporte peut-être pas au minéral analysé par Berlin. La tritomite de Wiborg (Brewig) est lamelleuse comme la thorite, et très-analogue à cette substance. Densité, 3,908. La poudre se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique.

SiO^3	WO^3(*)	Al^2O^3	CaO	MgO	NaO	YO	LaO	Ce^2O^3	FeO	MnO	HO	Total.
21,16	3,95	2,86	4,04	0,09	0,33	4,64	12,41	37,64	2,68	1,10	8,68	99,58

(*) Avec oxyde d'étain.

Sur un minéral voisin de la gymnite nickelifère; par T.-S. HUNT.

(Sillim. *Am. Journ.* [2], t. XIX, p. 417.)

De l'île Michipicota (lac Supérieur) avec nickel arsenical et domeykite Cu^6As. Terreux, cassure conchoïde; dureté à peine 2; vert jaunâtre ou vert olive; translucide sur les bords. Se délite dans l'eau.

Analyses par Bonner :

SiO^3	NiO (*)	MgO	CaO	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Total.
33,60	30,40	3,55	4,09	8,40	2,25	17,10	99,39

(*) Avec un peu de cobalt.

Sur la fergusonite; par KENNGOTT.

(*Pogg. Ann.*, t. XCVII, p. 622.)

D. Forbes et T. Dahll avaient nommé Tyrite un minéral trouvé près d'Hampemyr et de Tromoë (environs d'Arendal). Cristaux peut-être à base carrée. Cassure imparfaitement conchoïdale; fragile. Dureté, 6,5. Densité, 5,50 à 5,56. Éclat métallique se rapprochant de l'éclat vitreux. Translucide sur les bords; couleur noire; brun en fragments minces. Dans le tube, décrépite, donne de l'eau et jaunit.

Composition.

Acides métalliques.	44,90
Al^2O^3	5,66
CaO	0,81
YO	28,72
CeO	5,35
UO	3,03
FeO	6,26
HO	4,52
	100,00

D'après Kenngott, ce minéral est identique avec la fergusonite.

Sur le plomb molybdaté; par J. L. SMITH.

(*Sillim. Am. Journ.* (2), t. XX, p. 245.)

De Wheatley Chester County. (Pensylv.)

Cristaux d'un jaune clair ou rouges. Faces (P, b^1, b^3, b^{10}, h^1). Densité d'une variété d'un jaune foncé, 6,95.

	jaune.	rouge.
MoO^3	38,68	37,47
VO^3	»	1,28
PbO	60,48	60,30
	99.16	99.05

Sur le plomb vanadaté; par CANAVAL.

(*Jahrb. d. nat. Landmuseum von Karnthen*, III, jarg. 171.)

De Kappel (Carinthie). En druses, dans du calcaire, dans des filons de plomb.

Forme hexagonale. Faces (M, b^1, b^x, P). Pas de clivages. Cassure inégale, avec éclat gras. Éclat vitreux sur les faces. Les cristaux de 3 milimètres de long sur 1 d'épaisseur, sont jaune

de vin tirant au jaune brun. Translucides ou transparents. Densité, 9,83. Dureté, un peu plus de 3.

Ce minéral renferme du vanadate et du chlorure de plomb, mais ni acide phosphorique, ni acide arsénique, ni oxyde de zinc.

Sur l'eusynchite; par Fischer.

(*Nessler Ber. d. Gesellsch. für Naturwissensch. zu Freiburg*, 1854, n° 3, 33).

Dans des galeries de mines abandonnées à Hafsgrund, près Fribourg en Brisgau. Concrétions botryoïdes cristallines. Jaune rouge ; poussière plus claire ; à peine translucide sur les bords. Fibreux et rayonné. Dureté, 3,5. Densité, 4,945. Fond au chalumeau en un globule gris de plomb ; sur le charbon donne du plomb ; avec le sel de phosphore au feu d'oxydation, une perle jaune ; au feu de réduction, une perle verte ; se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique faible.

PbO	VO^2	VO^3	SiO^3	Total.
55,70	20,49	22,59	0,94	99,82

Analyse de la phosphorite; par Bluhme.

(*Ann. de chimie et de pharmacie*, t. XCIV, p. 344.)

Du Schwarzerdenkopf, près Hoanef (environs de Bonn).

CaO	PhO^5	Al^2O^3	MgO	CO^2	HO	Total.
47,50	37,33	3,28	2,70	2,20	1,65	98,16

Sur la barnhardite; par Genth.

(Sillim. *Am. Journ.*, 2e s., t. XIX, p. 17.)

De Pionneer mills, Cabarrus county. Minéral en masse compacte sans clivage. Dureté, 3,5. Densité, 4,521. Éclat métallique souvent mat. Jaune de bronze ; poussière gris noir opaque. Cassure inégale conchoïde aigre. A l'air humide prend extérieurement la couleur d'un brun tombak.

Cuivre	47,64
Fer	21,90
Soufre	29,88
Argent	trace.
	99,42

Ce composé serait intermédiaire entre le cuivre pyriteux et le cuivre panaché.

Analyses de cuivres gris mercurifères; par RATH.

(*Pogg. Ann.*, t. XCVI, p. 322.)

Cuivres gris de Kotterbach dans la haute Hongrie, de forme imparfaitement tétraédrique gris clair. Poids spécifique en poudre, 5,356.

Soufre	22,54	22,11	22,94
Cuivre	35,42	34,88	35,76
Plomb	0,21	»	»
Zinc	0,64	7,75	0,67
Fer	0,80	0,99	0,81
Mercure, argent	17,27	»	»
Antimoine	18,56	18,54	19,93
Bismuth	0,96	0,66	»
Arsenic	3,18	3,13	2,50
	99,58		

En calculant le mercure à l'état de protosulfure :


$(Cu_2.S, Pb.S, ZnS, Fe, S, HgS)^4 (Sb_2S^3 AS_2S^3 Bi_2S^3)$.

Nouveau minerai d'argent; par M. J. BROOKE.

(*Phil. Magaz.* [4], t. X, p. 436.)

Du Mexique. Masses terreuses, gris foncé, de dureté variable, avec cuivre carbonaté bleu dans du calcaire et du quartz.

Analyses par R. Smith :

Ag.	H	S	Se	Ag Cl	CaO	SiO³	Al²O³	Fe²O³
16,00	7,82	1,41	2,81	1,26	10,46	45,26	2,06	2,21
17,18	7,28	1,84	3,58	2,67	8,61	41,81	4,04	

CuO	CO²	HO (*)	Total,
1,72	2,92	3,30	97,61
2,83	»	»	»

(*) Dont 0,30 d'eau hygrométrique.

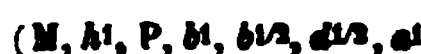
L'acide acétique enlève tout le cuivre et la chaux.

Sur l'yttrotitanite; par D. FORBES et T. DAHLL.

(*Nyt. Magaz. für Naturvidensk*, VIII, 3, 213.)

Près d'Arendal? Masse compacte de 8 à 10 kilogr. dans un granite. Clivages à 138° environ. Dureté, 6,5. Densité, 3,72. Brun foncé. Éclat vitreux sur les clivages et résineux sur les cassures. Poussière jaune clair sale. Infusible et inaltérable au chalumeau, se comporte avec les flux comme le sphène.

On a trouvé à Arkerö des cristaux en prisme oblique, de 1k à 1k,250. Les faces, d'après Dana, sont:


(M, h^1, P, b^1, $b^{1/2}$, $d^{1/2}$, a^1

Les angles, au goniomètre d'application, sont :

M	sur h^1	=	147°
b^1	sur $b^{1/2}$	=	149°
h^1	sur a^1	=	125°
P	sur h^1	=	122°
$d^{1/2}$	sur M	=	153° 1/2
$d^{1/2}$	sur P	=	143° 1/2

Ces faces et ces angles correspondent avec ceux du sphène, ainsi que les mâcles.

SiO^3	FeO^3	Al^2O^3	Be^2O^3	CaO	YO	FeO	MnO	99,41
21,33	28,84	8,03	0,52	19,52	4,78	6,87	0,28	Total.

En regardant l'acide titanique, comme jouant le rôle de base, on arrive pour l'oxygène de la silice et l'oxygène des bases au rapport 2 : 3 et à la formule ($3RO$, R^2O^3) 2/3 SiO^3, qui est celle du sphène.

Sur l'euxénite; par D. FORBES et T. DAHLL.

(*Nyt. Magaz. für Naturvidensk*, VIII, 3, 213, et *Edinb. New Phil. Journ.*, new series, I, 62.)

D'Alve, près Arendal.

Prismes rhomboïdaux droits à faces mates.

(M, h^1, g^1, b^1, a^x ($x<2$.)

Angles :

M	sur g^1	=	117°
M	sur M	=	126°
a^x	sur h^1	=	154° 1/2
h^1	sur h^1	=	159° 1/2 à 140° 1/4(?).
b^1	sur g^1	=	107°

Cassure conchoïde; pas de clivages; noir, poussière brun-rouge; translucide et brun rouge en esquilles. Dureté, 6,5. Densité, 4,99 à 4,89. Ne donne pas d'eau dans un tube. Infusible et inaltérable au chalumeau. Ne donne ni les réactions du titane, ni celles du manganèse.

Composition.

Acides tantalique et niobique (?)	38,58
Acide titanique avec mélange des précédents	14,38
Alumine	3,12
Chaux	1,37
Magnésie	0,19
Yttria	29,36
Oxyde de cérium	3,31
Protosulfate de fer	1,98
— d'urane	5,22
Eau	2,85
	100,37

Sur la chondrodite; par NORDENSKIÖLD.

(*Pogg. Ann.*, t. XCVI, p. 118.)

Du calcaire de Pargas. Faces $(M, g^1 h^1 [b^1 b^{1/5} g^{1/3}] e^6, [b^1 b^{1/3} g^1])$.

Ces quatre dernières faces sont hémières et ordonnées par rapport à la grande diagonale, comme par rapport à la diagonale inclinée d'un prisme oblique.

Rapport des axes : 1 : 0,0417 : 1,0361.

M sur M	114°37′
M sur $(b^1 b^{1/5} g^{1/3})$	159°13′
M sur $(b^1 b^{1/3} g^1)$.	156°17′
g^1 sur e^6.	109°3′
g^1 sur e^2.	136°1′

Pas de clivages déterminables. Macles rares suivant h^1.

Nordenskiöld cherche à ramener la forme de la chondrodite à celle de l'humite, mais d'une manière assez compliquée. D'après Dana, on y parvient plus facilement en prenant pour axe principal la petite diagonale de Nordenskiöld.

Sur la pajsbergite; par DAUBER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCIV, p. 398.)

Cristaux brillants et transparents avec grenat et chlorite. Prisme oblique dissymétrique.

Faces P, M, T, f^1, b^1, g^1, c^1.

Angles : PM = 93° 28′; PT = 87° 38′; MT = 111° 8′.
M′c^1 = 117° 45′; Mg^1 = 106° 8′: Tf^1 = 131° 27′.
Pb^1 = 138° 12′.

Clivages faciles P ; T; difficiles f^1, b^1. Grande analogie avec la babingtonite (voir ci-après).

D'autres silicates de manganèse de Långbanshytta en Suède, de Przibram en Bohême et de Franklin à New-Jersey (Fowlérite), appartiennent à cette espèce.

Les clivages de la pajsbergite sont très-voisins de ceux du pyroxène, ainsi que les angles, comme l'a fait ressortir Dana, en choisissant une autre position pour les cristaux.

Sur la babingtonite; par DAUBER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCIV, p. 402.)

D'Arendal.

Faces P, M, T, f^1, b^1, d^1, h^1, g^2.

Angles : PM = 92° 32′; PT = 87° 24′; MT = 112° 12′.
Tf_1 = 132° 39′; Pb_1 = 137° 3′; Md^1 = 122° 31′.
Mh^1 = 136° 42′; Mg^2 = 132° 34′.

Clivages faciles P, moins faciles T, douteux f^1, b^1.

Forme cristalline de la leucophane; par H. P. GREG.

(*Phil. Magaz.* [4], t. IX; p. 510.)

Le cristal avait la forme d'un prisme rectangulaire aplati, dont les arêtes de la base portent deux facettes faisant avec P des angles de 118° 1/2 et de 117°.

Clivage très-net suivant P; deux autres moins évidents, dans une même zone avec le premier, feront avec lui des angles de 53° 1/2 et de 90°.

Description d'un cristal d'andalousite; par KENNGOTT.

(*Wien. Acad. Ber.*, XIV, 269.)

Faces [M, h^3, g^3, h^1, g^1, P, b^1 ($b^1 b^{1/3} g^{1/2}$)].

Angles :	M sur M	=	90°50′
	h^3 sur h^3	=	127°32′
	g^3 sur g^3	=	53°48′
		=	109°41′
		=	109°51′

Sur l'astrophyllite; par SCHEERER.

(*Berg. u. Hütteum. Zeit*, 1854, n° 29, 2410.)

Mica qui se trouve dans la syénite zirconienne à très-gros grains de Brevig, avec un mica noir hexagonal. Éclat métallique; jaune tombac à jaune d'or, lamelleux et rayonné. Oblique symétrique; faces P, h^1, $a^{2/3}$, $e^{2/3}$.

On ne voit jamais le prisme de près de 120°, si fréquent dans les micas. Clivages parallèles à P. Les cristaux sont allongés dans le sens de la diagonale inclinée. Composition qualitative : silice, alumine, protoxyde de fer, magnésie, potasse, soude trace, protoxyde de manganèse, chaux et eau (environ 3 p. 100). Il n'y a pas de fluor.

Sur la cristallisation de l'anatase; par DAUBER.

(*Pogg. Ann.*, t. XCIV, p. 126.)

Cristaux de Tremadoc (pays de Galles). Faces nouvelles : a^2 et $b^{1/7}$; de Tavistock, Devonshire. Faces nouvelles : $a^{7/3}$.

Sur la cristallisation de l'anhydrite; par KENNGOTT.

(*Wien. Acad. Ber.*, t. XVI, p. 152.)

Cristaux d'Aussec (Styrie).

Faces h^1, g^1, P, b^1, (b^1, $b^{1/2}$, $h^{1/2}$) (b^1, $b^{1/2}$, h^1).

Sur la tauriscite; par VOLGER.

(*Jahrb. Miner.*, 1855, 182.)

Cristaux aciculaires, trouvés à la Windgälle (canton d'Uri) avec des cristaux d'alun et de sulfate de fer ordinaire. Ils sont la forme du prisme rhomboïdal droit avec la composition du sulfate de fer ordinaire.

Faces [b^1, $b^{1/2}$ (b^1, $b^{1/2}$, $g^{1/2}$) (b^1, $b^{1/2}$, $h^{1/2}$) M, h^1, g^1, g^2].

Sur l'acantite, argent sulfuré prismatique; par KENNGOTT.

(*Pogg. Ann.*, t. XCV, p. 462.)

Sur l'argent sulfuré cubique de Joachimsthal, en prismes pseudo-hexagonaux. Noirs de fer, éclat métallique, opaques. Dureté, 2,5; ductiles; cassure inégale. Densité, 7,31 à 7,36. Faces : b^m et e^m, b sur b, environ 65°; par dessus, e^m; environ 50°.

BULLETIN.

DEUXIÈME SEMESTRE 1856.

Note sur la découverte de gisements de houille dans le gouvernement de Perm.

Le correspondant de l'*Abeille du Nord* lui annonce la découverte des gisements de houille dans le gouvernement de Perm, à 45 verstes de la ville de district Kamyschloff. La découverte de cette houille, dont l'exploitation a déjà été entreprise par des particuliers, sera de la plus haute importance, si elle peut être utilisée dans la fabrication des fers de l'Oural, et amener une diminution sensible dans les prix de ces fers, dont la qualité est excellente, mais qui, jusqu'à présent, sont à un prix fort élevé.

(*Extrait du journal* l'Abeille du Nord, *transmis par M. le ministre des affaires étrangères le 14 août 1856.*)

Notice sur un gîte de combustible minéral situé entre Ténès et Orléanville.

Le bureau arabe d'Orléanville a signalé, en 1855, l'existence d'un gîte de combustible minéral entre Ténès et Orléanville, dans une localité désignée sous le nom de Bled-Boufrour. Ce point est situé sur la limite des deux Cercles, à 12 kilomètres environ au nord d'Orléanville, à peu de distance de la rive droite de la rivière des Sables, qui va se jeter dans l'oued Bou-Bahara. J'ai visité le gîte de Bled-Boufrour le 26 mai 1856, et j'ai reconnu l'existence d'une couche de combustible terreux, noirâtre, dont l'épaisseur varie de 2 mètres 50 à 3 mètres, et qui est entaillée par un ravin sur 250 mètres environ de longueur. Cette couche, composée de divers lits parallèles, est enclavée en stratification concordante dans des marnes gris bleuâtres du terrain tertiaire supérieur. En raison de cette différence de couleur, l'aspect de la couche charbonneuse pré-

sente, au premier abord, quelque chose de saisissant. En l'examinant avec soin, j'ai reconnu qu'en certains endroits il y a des empreintes végétales carbonisées et que plusieurs parties de la roche, bien restreintes, il est vrai, ont l'aspect brillant d'un véritable lignite. Mais la masse générale de la couche, sur les deux rives du ravin qui l'entaille, offre à l'œil une cassure terreuse et ressemble plutôt à de l'argile bitumineuse qu'à un véritable combustible. Elle rentre dans la variété des lignites terreux indiqués par M. Berthier dans son *Traité des essais par la voie sèche.*

Voici, du reste, d'après les analyses de M. Marigny, la composition des divers échantillons qui ont été recueillis :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau hygrométrique.	0,145	0,136	0,125	0,100	0,110	0,115	0,105	0,103	0,135	0,085	0,085	0,088
Matières volatiles bitumineuses et eau combinée.	0,420	0,414	0,335	0,237	0,226	0,273	0,225	0,337	0,255	0,300	0,226	0,300
Charbon fixe.	0,297	0,306	0,230	0,333	0,096	0,129	0,100	0,132	0,168	0,115	0,143	0,075
Cendres argileuses.	0,198	0,362	0,700	0,330	0,410	0,413	0,460	0,428	0,442	0,500	0,547	0,603
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Charbon équivalent aux matières volatiles	0,108	0,167	0,076	0,063	0,0087	0,0083	0,073	0,073	0,0086	0,0345	0,020	0,300
Charbon total.	0,345	0,315	0,306	0,396	0,203	0,1873	0,253	0,210	0,2086	0,1795	0,163	0,114
Pouvoir calorifique.	2830	2477	2400	3024	1077	1463	1827	1640	1368	1406	1277	893

Tous les échantillons analysés renferment une proportion d'eau hygrométrique assez considérable, variant de 0,084 à 0,145.

Le poids des matières volatiles bitumineuses et de l'eau combinée à l'argile varie de 0,225 à 0,420.

Le poids du charbon fixe restant après avoir calciné au rouge la matière, à l'abri du contact de l'air, varie de 0,075 à 0.333.

Le poids total du charbon, correspondant à celui des matières bitumineuses volatiles et au charbon fixe, varie de 0,114 à 0,486.

Les cendres sont essentiellement argileuses, leur poids varie de 0,198 à 0,603.

Le pouvoir calorifique varie de 893 à 3.024 unités de chaleur. Le pouvoir calorifique du charbon pur étant de 7.815 unités, on voit que le lignite du Bled-Boufrour ne possède en général

qu'un pouvoir calorifique très-faible. Du reste, les échantillons nos 1, 2, 3, 4, dont le pouvoir calorifique varie de 2.409 à 3.024, sont des échantillons de choix, ayant l'aspect brillant d'un combustible. Ils sont fort rares dans l'affleurement. Les échantillons nos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, dont la composition présente assez d'homogénéité, constituent à proprement parler la masse générale de la couche de lignite. Leur pouvoir calorifique varie de 893 à 1.827. Il est, en moyenne, de 1.483, c'est-à-dire qu'il est très-faible et que ce lignite, s'il conservait la même composition dans toute la couche, ne pourrait être employé comme combustible ni dans l'industrie, ni dans l'économie domestique.

On a examiné la richesse en huile bitumineuse des échantillons 4, 5, 6, 9, pour savoir si l'on pouvait tirer parti de ces lignites impurs pour la fabrication de l'huile bitumineuse. On a opéré sur 40 à 50 grammes de matière réduite en petits fragments, qu'on a distillée dans une cornue de verre. Les produits étaient recueillis dans un ballon maintenu à une basse température. On les a repris par l'éther sulfurique, qui a dissous l'huile bitumineuse. Cet éther, évaporé dans une capsule de porcelaine, abandonnait l'huile dont on déterminait ensuite le poids. Voici les résultats obtenus :

	Huile bitumineuse sur 100 parties.
Numéro 4	0,100
— 5	0,382
— 6	0,322
— 9	0,234

Ces proportions d'huile sont très-faibles.

Les schistes bitumineux d'Autun contiennent 7,94 d'huile sur 100 parties et ne sont pas exploités avec avantage. On peut en conclure, dès lors, que le lignite du Bled-Boufrour n'est pas susceptible d'être utilisé pour la fabrication de l'huile bitumineuse.

Les cendres de l'échantillon numéro 5 ont été analysées d'une manière complète ; elles renferment :

Silice...............	0,5929
Alumine.............	0,2180
Peroxyde de fer.......	0,0975
Carbonate de magnésie...	0,0284
Sulfate de magnésie.....	0,0279
Sulfate de chaux........	0,0345
	0,9992

On voit que ces cendres sont essentiellement argileuses; le peroxyde de fer qu'elles contiennent provient, sans doute, en partie de la décomposition de la pyrite de fer contenue dans le lignite. Le sulfate de chaux se trouve, en petits cristaux blancs, entre les lits dont se compose la couche de lignite. On remarque aussi parfois, sur la tranche de ces lits, des concrétions jaunâtres composées de sulfates divers et principalement de sulfates de magnésie et de chaux, avec des traces de sulfate de fer et d'alumine. A l'œil nu on ne peut reconnaître la présence de la pyrite de fer dans le lignite qui ne paraît avoir subi aucune altération par les agents atmosphériques. Elle s'y trouve cependant en parties indiscernables à l'œil et en assez faible quantité. L'échantillon n° 5 a donné à l'analyse 0,35 p. 100 de pyrite de fer. Si cette proportion était générale dans la masse, on ne pourrait songer à utiliser le lignite du Bled-Boufrour pour faire de l'alun, ainsi que cela se pratique à Bouxviller, dans le département du Bas-Rhin.

Par la calcination en vase clos, le lignite du Bled-Boufrour donne un charbon très-argileux dont la poussière est d'un très-beau noir et qui peut être employé avec avantage pour décolorer les sirops, comme le charbon animal. Je m'en suis assuré en décolorant, avec le lignite calciné, du vin d'Espagne très-fortement chargé en couleur. J'ai constaté que le pouvoir décolorent de ce lignite était plus élevé que le pouvoir décolorant du charbon végétal que l'on emploie au laboratoire. Le lignite de Menat, qui renferme, d'après M. Berthier,

Matières combustibles.	0,65
Argile et sable.	0,35
	1,00

se rapproche, par sa composition, du lignite du Bled-Boufrour, et est employé avec avantage pour la décoloration des sirops. La même industrie pourrait, sans doute, s'effectuer avec le lignite du Bled-Boufrour; mais je doute fort, qu'en raison des besoins actuels de l'Algérie, il y ait opportunité à créer aujourd'hui une industrie de ce genre. On a vu plus haut que, dans toute l'étendue de l'affleurement du combustible, le lignite dont il s'agit offre généralement l'aspect d'une roche noire, éminemment argileuse et à cassure terreuse. Cependant, en quelques points, la roche noire a l'aspect brillant et la cassure d'un véritable combustible. Sa richesse en charbon devient plus grande

et il est alors susceptible de brûler. Il se pourrait donc qu'en exécutant des travaux de recherches sur cette couche, on reconnût qu'à une certaine distance de l'affleurement, elle perd son caractère terreux et se transforme en un combustible susceptible de brûler et d'être employé avec quelque avantage dans les arts. L'on sait que le bois de chauffage est rare à Orléanville ; si le lignite du Bled-Boufrour s'améliorait en profondeur. il pourrait être employé à Orléanville, pour les besoins de l'économie domestique. Il pourrait servir également au grillage des minerais de cuivre de Ténès, à la cuisson de la chaux et de la brique, au chauffage des chaudières à vapeur fixes.

Comme le bassin carbonifère s'étend bien au delà des limites de l'affleurement que j'ai reconnu, qu'on retrouve des indices notables de lignite sur les bords de la rivière des Sables, qu'un affleurement analogue à celui du Bled-Boufrour a été signalé chez les Medjadja, il est probable que l'exploration de la couche du Bled-Boufrour amènerait la découverte de nouvelles couches de lignite et que peut-être quelques-unes de ces couches seraient susceptibles d'être employées dans les arts, d'une manière avantageuse.

Pour compléter ce qui me reste à dire sur le bassin à lignite du Bled-Boufrour, je donne ci-dessous la liste des fossiles qui ont été recueillis et déterminés par M. le garde-mines Badynski, et qui caractérisent le terrain tertiaire supérieur, longeant la rive droite du Chelif, entre le plateau de Tadjena à l'Ouest et le pays de Medjadja à l'Est.

I. POLYPIERS.

1. *Flabellum avicula* (Michelin), Mt S. A. K. Ben-Sala à 1.000 mètres au N. 25° O. du Bled-Boufrour.
2. *Flabellum Michelini* (Milne-Edwards), Mt S. A. K. Ben-Sala à 1.000 mètres au N. 25° O. du Bled-Boufrour.
3. *Ceratotrochus duodecimcostatus* (Milne-Edwards), Mt S. A. K. Ben-Sala à 1.000 mètres au N. 25° O. du Bled-Boufrour. Tadjena, Oued-Ramdam.

II. CIRRHOPODES.

1. *Balanus sulcatus* (Brug), Tadjena, Mt S. A. K. Ben-Sala, Oued-Ramdan.

III. MOLLUSQUES.

1. *Anomia plicata* (Brocchi), Tadjena.
2. *Anomia electrica* (Linnée), Oued-Ramdam.
3. *Ostrea foliacea* (Brocchi), Tadjena, Oued-Ramdam.
4. *Ostrea frondosa* (Marcel de Serres), Tadjena, Oued-Ramdam.
5. *Pecten Jacobeus* (Lamarck), Cinq-Palmiers, Mt S. A. K. Ben-Sala.
6. *Pecten maxima* (Lamarck), (*Ostrea maxima Linnée*), Mt S. A. K.
7. *Pecten opercularis* (Lamarck), Mt S. A. K. Cinq-Palmiers.
8. *Pecten varius* (Linnée), Mt S. A. K. Cinq-Palmiers.
9. *Modiola subcarinata* (Lamarck). Tadjena.
10. *Cardita intermedia* (Brocchi), Tadjena, Mt S. A. K.
11. *Cardita rhomboïdea* (Brocchi), Tadjena.
12. *Cardita pinna tetragona* (Brocchi), Cinq-Palmiers.
13. *Cyprina æqualis* (?) (Agassis), très-commune à Tadjena.
14. *Pectonculus pilosus* (Linnée), au N. E. des Cinq-Palmiers.
15. *Pectonculus insubricus* (Brocchi), au N. E. des Cinq-Palmiers.
16. *Nucula margaritacea* (Lamarck), Tadjena.
17. *Cardium* (plusieurs milles indéterminables), au N. E. des Cinq-Palmiers.
18. *Venus multilamella* (Lamarck), au N. E. des Cinq-Palmiers.
19. *Venus rugosa* (Brocchi), au N. E. des Cinq-Palmiers.
20. *Venus impressa* (?) (Marcel de Serres), au N. E. des Cinq-Palmiers.
21. *Calyptrea muricata* (Brocchi), au N. E. des Cinq-Palmiers.
22. *Solecurtus coarctatus* (Brocchi), au N. E. des Cinq-Palmiers.
23. *Dentalium sexangulare* (Lamarck), au N. E. des Cinq-Palmiers. Mt S. A. K.
24. *Niso subterebellum* (Philipp), Tadjena.
25. *Ringicula buccinea* (Brocchi), Mt S. A. K.
26. *Natica olla* (Marcel de Serres), très-commune à Tadjena.
27. *Natica crassa* (?) (Nyst), très-commune à Tadjena.

28. *Natica helicina* (Brocchi), Tadjena.
29. *Turritella communis* (Risso), Tadjena, Tasnaout.
30. *Turritella vermicularis* (Brocchi), très-commune à Tadjena.
31. *Turritella subangulata* (Brocchi), Tadjena.
32. *Turritella archimedis* (?) (Alex. Brog.), très-commune partout.
33. *Buccinium clathratum* (Brocchi), Tadjena Oued-Ramdam.
34. *Buccinium prismaticum* (Brocchi), Tadjena.
35. *Buccinium mutabile* (Brocchi), Tadjena.
36. *Buccinium serratum* (Brocchi), Tadjena.
37. *Terebra fuscata* (Brocchi), Tadjena, très-commune.
38. *Terebra duplicata* (Brocchi), Tadjena, très-commune.
39. *Terebra Brocchii* (d'Orbigny), Tadjena, assez rare.
40. *Cassis texta* (Brown), Tadjena, assez rare.
41. *Ranella marginata* (Brown), Oued-Ramdan, rare.
42. *Fusus lignarius* (Lamarck), Tadjena.
43. *Pleurotoma Brochii* (Bonelli), Tadjena, très-commune, Oued-Ramdan.
44. *Pleurotoma intermedia* (Brown), très-commune.
45. *Pleurotoma turricula* (Brocchi), très-commune, Oued-Ramdan.
46. *Pleurotoma Lamarkii* (Bellardi), très-rare.
47. *Pleurotoma interrupta* (Brocchi), très-commune, Oued-Ramdan.
48. *Pleurotoma ramosa* (Basterot), *murex reticulatus* (*Brocchi*), assez commune à Tadjena mais mal conservée.
49. *Pleurotoma dimidiata* (Brocchi. Gratteloup), Tadjena, moins commune qu'à l'Oued-Nador et au pied du Djebel-Chenouah.
50. *Raphitoma velpecula* (Bellardi), Tadjena, rare.
51. *Mitra striatula* (Sismonda), Tadjena.
52. *Voluta Olla* (Linnée), (?) Tadjena, douteux.
53. *Conus Aldovrandi* (Brocchi), Tadjena.

Et plusieurs autres coquilles qui restent à déterminer.

(*Extrait d'un rapport de* M. Ville, *ingénieur des mines à Alger.* — 4 *septembre* 1856.)

Sur les mines de fer du district de Jisdrine (Gouvernement de Kalouga).

Le minerai se trouve dans presque toutes les directions, mais il se masse surtout dans les parties N. et N. E. On le rencontre sous la forme de couches ou de veines. Sous cette dernière forme il est ordinairement une fois et demi plus riche que sous la première. Les couches sont comprises dans un terrain calcaire, ou d'argile et de grès; leur position est horizontale à peu d'exceptions près. Celles qui se trouvent dans l'argile et le grès, sont seules exploitées; le calcaire est très-dur et l'extraction du minerai y exigerait par conséquent beaucoup plus de travail. On a remarqué que la partie inférieure contient ordinairement un minerai d'une qualité de beaucoup supérieure à celui qui se trouve à la surface. Il faut noter toutefois que les veines même s'enfoncent peu au-dessus du sol, leur profondeur moyenne pouvant être de 2 archines 1/2, d'où il résulte que l'exploitation présente beaucoup de facilité.

La teneur moyenne du minerai est de 45 à 50 p. 100. La mine la plus riche est celle de Poustine, qui donne jusqu'à 60 p. 100; celle de Kazank est la plus pauvre, elle ne donne que de 35 à 40 p. 100. Dans le but d'obtenir un meilleur fer, les usines emploient ordinairement un mélange de minerai de différentes localités du district. L'extraction du minerais commence ordinairement en automne et dure jusqu'aux approches du printemps. Ce travail est exécuté par les paysans des villages voisins des mines exploitées. Les avantages de l'exploitation dépendent, abstraction faite de la richesse du gisement, de l'existence d'une usine de fer à une distance convenable. Or, depuis quelque temps, l'établissement des hauts fourneaux a pris un grand essor parmi les propriétaires fonciers.

Le minerai extrait de la mine est déposé sur le sol, d'où on le transporte aux usines, dès que le traînage s'établit. Ces travaux occupent durant l'automne et l'hiver plus de 10.000 hommes. Le minerai est vendu par les paysans aux fabricants à un prix assez bas (10 à 20 copeks par poud); la quantité totale de minerai de fer mise en œuvre par les usines du district peut être évaluée approximativement à 2 500.000 pouds. Cette production considérable ne menace pas les gîtes d'un épuisement prochain, car depuis peu on découvre de nouvelles richesses. Le fer de Jisdrine est inférieur à celui de la Sibérie; l'indus-

trie du fer y est d'ailleurs beaucoup moins perfectionnée que dans les usines de l'Oural. Cependant, depuis que la construction des bateaux à vapeur a été introduite dans les fabriques de Ludinoff, on est parvenu à y faire, pour cette construction, et avec le minerai de la localité, de la tôle d'une qualité excellente.

(*Extrait du* journal des mines de Russie, *transmis à M. le ministre des affaires étrangères par M. le consul de France à Saint-Pétersbourg.*)

Sur l'exploitation des pyrites sulfureuses et de l'ocre du district de Borovitsch (gouvernement de Novogorod).

En 1855, on a recueilli dans le district de Borovitsch 350.000 pouds de pyrite sulfureuse. Cette pyrite a été trouvée sur le bord et dans le lit de la rivière Msta et de ses affluents, principalement dans les environs de la ville de Borovitsch, et en général dans les endroits où se montrent des veines de charbon sur les rives qui restent à découvert; on la trouve dans des blocs de charbon et dans des blocs argileux mélangés de sable, ainsi que dans les couches inférieures de charbon, et elle est mélangée d'arsenic et de galène. On a recueilli dans ces derniers temps des blocs de pyrite pesant jusqu'à 45 pouds.

Les essais faits sur les lieux mêmes dans une usine construite près de Borovitsch, pour extraire le soufre de ces pyrites, n'ayant pas donné des résultats avantageux, par suite de diverses causes, les pyrites extraites ont été expédiées soit par eau soit par chemin de fer, à Pétersbourg et à Moscou et livrées aux fabriques de produits chimiques, pour servir à la préparation de l'acide sulfurique. Au commencement de l'été, le prix de ce minéral était de 2 à 3 copeks le poud, sur place; en automne il s'est élevé à 7 et 8 copeks et à la fin de l'année jusqu'à 16 et 18 copeks.

Depuis longtemps on recueille aussi de l'ocre en petite quantité dans la vallée de la Kroupa, l'un des affluents de la Msta, près du village de Schapkine à 4 verstes de Borowitsch; on la trouve, sous une couche argileuse, en blocs d'une épaisseur variant d'une demi-archine jusqu'à une sagène. Cette ocre se vendait un copek le poud. Aujourd'hui, vu l'accroissement des demandes, on exploite encore l'ocre :

1° A 5 verstes et demie de Borovitsch près du village de Plavkoff.

2° A 7 verstes de la même ville près du village de Louka.

Dans ces deux localités, l'ocre forme, dans le calcaire, des couches de un quart d'archine à une archine d'épaisseur.

Son prix sur place est de 6 copeks; en 1855 on a recueilli environ 13,000 pouds qui ont été expédiés à Moscou et à Saint-Pétersbourg.

(*Extrait du* journal des mines de Russie, *transmis par M. le consul de France à Saint-Pétersbourg.*)

Extraction du soufre des pyrites sulfureuses du gouvernement de Simbirsk.

On rencontre en assez grande quantité, dans le district de Kourmichsk, des pyrites sulfureuses à peu de profondeur, dans des atterrissements sur les bords des petites rivières qui se jettent dans la Soura, mais non sur les bords mêmes de ce cours d'eau. Les couches qui renferment ces pyrites offrent beaucoup de ressemblance, dans leur disposition, avec celles des terrains aurifères; on les trouve à une profondeur variable de 1,4 à 2 archines, rarement plus. Leur exploitation paraît devoir suffire à l'alimentation d'une usine.

On a déjà obtenu, d'une première expérience en grand, 24 pouds environ de soufre; mais non, il est vrai, sans de grands frais.

Après de nombreux essais, il a été reconnu que les seuls récipients capables de supporter la chaleur nécessaire à l'opération sont les vases en terre glaise de Liscovo (gouvernement de Moscou); mais ils reviennent, vu l'éloignement, à 70 copecks par poud plus cher que tous autres. En attendant qu'on puisse se les procurer à meilleur compte, on emploie des vases en fonte.

Il résulte des renseignements postérieurs que le soufre extrait constitue environ 12 1/2 p. 100 de minerai et que l'usine peut journellement produire 20 pouds de soufre.

(*Extrait du* Journal des mines de Russie, *communiqué à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le consul de France à Saint-Pétersbourg.*)

Sur un gîte de combustible minéral découvert à la Calamitza (île de Candie).

Des fouilles faites dans l'île de Candie, au mois de juin dernier, ayant amené la découverte d'un nouveau gisement de combustible fossile à Calamitza, le consul de France à la Canée s'est procuré un fragment de ce combustible qu'il a cru devoir envoyer à M. le préfet maritime à Toulon, pour y être soumis à l'analyse.

Il résulte du rapport communiqué à ce sujet par M. l'amiral Dubourdieu à M. Chatry de la Fosse que cette substance est impropre au service des bâtiments à vapeur; qu'elle peut être employée dans certaines industries et qu'on peut en extraire aussi, à cause des matières bitumineuses qu'elle renferme, un gaz d'éclairage, inférieur cependant à celui qu'on retire des houilles.

(*Extrait d'une dépêche de M. le Ministre des affaires étrangères à M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics*, 5 *novembre* 1856.)

Sur la mise en exploitation d'un gîte de cuivre dans la colonie portugaise d'Angola.

Depuis longtemps on avait constaté à l'extrémité de la colonie d'Angola, dans les montagnes de Bembe, l'existence de riches gisements de mines de cuivre, et dernièrement une expédition de quatre mille hommes commandée par le lieutenant colonel Salles Ferreira a été envoyée d'Angola dans cette direction pour faciliter les communications. La maison qui est à la tête de cette affaire, a pu commencer les travaux d'exploitation, au mois de septembre; et l'on compte sur la prochaine arrivée des bateaux à vapeur pour l'envoi du minerai en Europe.

(*Extrait d'une dépêche en date du* 8 *novembre* 1856, *adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par* M. H. FLURY, *consul de France à Lisbonne*.)

Décision impériale relative aux concessions de mines en Sibérie (août 1856).

L'empereur ayant, sur l'avis du comité de Sibérie, et sur la proposition du ministre des finances, autorisé des particuliers

à chercher de l'or dans l'arrondissement de Verkhnéoudine, à la condition que le produit de ces recherches serait versé au cabinet impérial, a décidé, le 27 juillet, que les articles ci-dessous du tome VII des lois (règlement des mines) seraient expliqués de la manière suivante :

Art. 2340. Il est permis aux particuliers de rechercher, fouiller et exploiter les terres aurifères dans les terrains appartenant à l'État, situés dans la Sibérie orientale et la Sibérie occidentale, à l'exclusion toutefois :

A. Dans la Sibérie orientale : de l'arrondissement de Nertchine et des campagnes appartenant aux forges de Petrovsky, dans l'arrondissement de Verkhnéoudine.

B. Dans la Sibérie occidentale : à l'exclusion de l'arrondissement des mines de l'Altaï, dont les limites, relativement à cette défense, sont désignées, pour que personne n'en ignore, dans une description ci-annexée.

Dans les arrondissements des Khirghis de la Sibérie, la recherche de l'or est autorisée suivant des règles particulières formulées plus bas dans la huitième subdivision du présent chapitre.

La remarque annexée à cet article 2340 (règlement des mines, supplément XV, deuxième partie) est annulée. Quant aux remarques particulières annexées aux articles 2426 et 2428 (tome VII, règlement des mines), remarques modifiées par une délibération du comité de Sibérie, approuvée par l'empereur le 4-16 août 1854 et publiée dans l'Ukase adressé au sénat-dirigeant le 17-29 août de la même année, elles seront ainsi expliquées.

Première remarque (annexée à l'art. 2426). — L'impôt en nature de tant pour cent, exigible, en vertu du présent article, sur les produits des exploitations en activité dans l'arrondissement de Verkhnéoudine, ainsi que des exploitations à venir dans cet arrondissement, à leur arrivée à la monnaie de Saint-Pétersbourg, sera appliqué aux revenus du cabinet impérial.

Troisième remarque (annexée à l'art. 2428). — L'impôt complémentaire prélevé en vertu de la *deuxième remarque*, jointe au présent article, sur le produit des exploitations situées dans l'arrondissement de Verkhnéoudine, sera appliqué aux revenus du cabinet impérial, en vertu de la règle déjà citée dans les remarques annexées à l'art. 2426.

(*Document communiqué par M. le Ministre des affaires étrangères, le* 13 *novembre* 1856.)

Sur l'extraction de la soude, du sulfate de soude provenant des lacs du gouvernement d'Astrakhan.

Depuis assez longtemps déjà, un pharmacien d'Astrakhan a obtenu un privilége pour l'extraction de divers sels des petits lacs de Kordouan, qui se trouvent dans le district de Krasnoïarsk (gouvernement d'Astrakhan), à 30 verstes de Krasno-Jarsk (le Rocher rouge), au delà du petit bras du Volga Kignatcha et à une verste du grand lac salé de Kordouan.

Le professeur Ghebel, de Dorpat, a trouvé, au mois de juin dernier, dans ces lacs, des couches de sel, ayant jusqu'à un pied d'épaisseur, et composées de cristaux prismatiques et transparents de sulfate de soude uni à du sulfate de magnésie.

A défaut d'autre combustible pour la préparation des sels, on emploie des roseaux qui croissent en abondance dans les environs; mais cette exploitation n'a pas encore pris de grands développements. En 1853, un industriel obtint l'autorisation d'extraire de quelques petits lacs salés du district d'Astrakhan (Abdir, Schamboï, Schaïna et autres), le sulfate de soude, pour en retirer la soude, jusqu'à concurrence de 500.000 pouds dans l'espace de dix ans. Pour des raisons d'économie dont la principale est sans aucun doute la rareté du combustible, il transporte le sel extrait des lacs dans une de ses propriétés, situées dans le gouvernement de Kalouga, où on le traite.

Il est bien à désirer que les travaux, que l'on peut seulement qualifier d'essais préliminaires, soient couronnés de succès. Ce serait, avec le temps, pour la Russie, un nouvel objet d'exportation d'autant plus important que par suite de la destruction des bois, la potasse doit hausser de prix. En Angleterre et en France, on tire également la soude du sulfate de soude, mais en traitant exclusivement le sel marin par l'acide sulfurique. Ce moyen, vu le prix de l'acide, entraîne des frais considérables. Dans beaucoup de lacs du gouvernement d'Astrakhan, le sulfate de soude se trouve à l'état natif et déposé sur le fond du lac.

L'obstacle le plus grave qui s'oppose à la fabrication sur place de la soude dans de grandes proportions sera toujours le manque de combustible, et il faut absolument transporter le sel natif par le Volga à Kamischin, à Saratoff ou sur d'autres lieux, suivant les facilités que l'on peut avoir. Quant au car-

bonate de chaux, indispensable pour l'opération, il se trouve en abondance sur les bords du Volga.

Les bords de la mer Caspienne fournissent en abondance des plantes de la famille des algues, propres à la fabrication de la soude; cette industrie était autrefois assez active à Astrakan. Mais la difficulté des communications empêchera sans doute longtemps la Russie de tirer un grand parti de ces ressources naturelles.

(*Extrait du* Journal de l'Empire Russe, *transmis à M. le Ministre des affaires étrangères, par M.* DE VALLAT, *consul de France à Saint-Pétersbourg, 20 décembre 1856.*)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DIXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

CHIMIE.

BULLETIN.

(1er semestre 1856.)

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DIXIÈME.

Pl. II. *Système à fours triplés simple.*

Fig. 1. Plan du système ou des trois fours réunis.
Fig. 2. Plan du même au-dessus de la voûte des fours.
Fig. 3. Coupe verticale suivant la ligne AB du plan (*fig.* 1).
Fig. 4. Coupe verticale suivant la ligne CD du plan (*fig.* 1).

a, a, a. Grilles des deux premiers fours pour la combustion du combustible.
b, b, b. Autels des mêmes fours.
c, c, c. Soles des mêmes fours.
d, d, d. Carneaux de conduite des courants de la flamme, de la chaleur perdue et des produits de la combustion deux des premiers fours dans le troisième.
e. Autel du troisième four.
f. Sole du même four.
h. Carneau de conduite de la chaleur perdue du troisième four dans la chambre de chauffe de l'air.
g. Chambre et appareil de chauffe de l'air, ce dernier se composant de seize tuyaux en fonte de 0m,20 de diamètre intérieur, 0,025 d'épaisseur des parois et de 1m,20 de longueur de chauffe.
i. Ouverture pour le passage dans la cheminée de la chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air.
k. Porte pour le réchauffage du bout des barres et des rails pour leur sciage.

m. [illegible] dans le massif séparant les deux premiers fours pour le [illegible] du courant d'air destiné à déterminer et à alimenter la combustion des éléments combustibles contenus dans les courants sortant des deux premiers fours : il est muni de dix-sept tuyaux disposés sur deux rangs, neuf à celui supérieur et huit à celui inférieur ; le diamètre extérieur des tuyaux est de [illegible] et celui intérieur de [illegible]. Ces tuyaux sont [illegible] en fonte à parois de [illegible] d'épaisseur.

n. Tuyau en fonte de [illegible] de diamètre intérieur pour l'arrivée du courant d'air dans l'appareil m.

o. Tuyau en fonte de [illegible] de diamètre intérieur disposé au-dessus des fours pour la conduite de l'air chauffé de l'appareil de chauffe à [illegible] l'appareil m.

p. Cheminée unique du système à section carrée de [illegible] de côté et de [illegible] mètres de hauteur au-dessus du sol, se prolongeant au-dessous du sol de [illegible] de profondeur avec la même section et communiquant à cette profondeur avec une galerie souterraine ayant [illegible] mètre de hauteur et [illegible] de largeur, laquelle, par son autre extrémité, communique à l'extérieur [illegible] pour l'entrée de l'air extérieur dans cette conduite [illegible] la cheminée.

q. Ouverture de la conduite souterraine dans la cheminée p.

r. Conduite souterraine pour l'alimentation à tirage souterrain des deux premiers fours.

s. Cendriers des deux premiers fours.

Application de ce système à fours triplés simple :

1° À la fabrication du fer en général.

Charge moyenne de fer brut [illegible] kilogrammes :	kilog.
Production de fer en barres ([illegible] p. 1.000) par charge....	530,00
Consommation en houille ([illegible] p. 1.000 de fer par charge)...	338,00
Production de fer en barres pour les trois fours par charge...	1 360,00
Consommation totale en houille par les deux premiers fours par charge....................	676,00
Consommation en houille par 1.000 de fer en barres......	433,23
Éléments combustibles des courants des deux premiers fours, représentés en houille par	74,36
Calculés seulement à 74,36 × 0,80, représentés par......	59,49
Éléments combustibles des deux premiers fours représentés en houille par	14,87
Volume d'air théorique à 0° et à 0,76 de pression par opération 59,49 × 5,34..................	m.c. 317,19

Volume d'air théorique à 0° et à 0,76 de pression par minute $\frac{327,19}{75}$ . . . . m.c. 4,36

Volume d'air à 300 degrés centigrades par minute 4,36 × 2,20. 9,59

Diamètre des buses d'expiration au nombre de 17 dans l'appareil. . . . . $0^m,0146$

Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante :

1° A 0° et à $0^m,76$ de pression 5,45

2° A 20 degrés centigrades, température moyenne de l'année, 5,45 × 1,08 5,89

Pression manométrique à la machine soufflante $0^m,045$.

Pression manométrique à l'appareil de combustion $0^m,04$.

Volume d'air théorique par minute de temps à 0° et à $0^m,76$ de pression pour les éléments combustibles non brûlés $\frac{14,87 \times 5,50}{75} = \frac{81,78}{75}$. 1,09

2° A la fabrication des rails.

Charge moyenne de fer brut en paquets 650 kilogrammes : kilog.

Production en rails finis : (1.325 p. 1.000) par charge 481,50

Consommation en houille (675 p. 1.000 de fer) par charge . . . 325,00

Production en rails finis, pour les trois fours. 1.444,50

Consommation en houille par 1.000 de rails finis. 450,00

Éléments combustibles des courants des deux premiers fours, représentés en houille par. 71,50

Calculés seulement à 71,50 × 0,80 représentés en houille par. 57,20

Éléments combustibles non brûlés des deux premiers fours représentés en houille par. 14,30

Volume d'air théorique à 0° et à $0^m,76$ de pression par opération 57,20 × 5,50. . . . . m.c. 314,60

Volume d'air théorique à 0° et à $0^m,76$ de pression par minute $\frac{314,60}{75}$. 4,19

Volume d'air à 300 degrés centigrades par minute 4,19 × 2,20. 9,22

Diamètre des buses d'expiration au nombre de 17 dans l'appareil. . . . . $0^m,0144$

Volume nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante :

1° A 0° et à $0^m,76$ de pression. 5,24

1° A 20 degrés centigrades, température moyenne de l'année, 5,24 × 1,08 5,66

Pression manométrique à la machine soufflante, $0^m,005$.

Pression manométrique à l'appareil de combustion, $0^m,44$.

Volume d'air théorique par minute de temps à 0° et à

0m,76 de pression pour les éléments combustibles non brûlés $\frac{14,30 \times 5,50}{75} = \frac{78,65}{75}$ . . . . m.c. 1,05

Quantités de combustible équivalentes aux diverses quantités de chaleur.

1° **Fabrication du fer en général.**

Quantité de combustible portée sur la grille, par opération ou charge	kilog. 338,00
Quantité de combustible non brûlé en escarbilles et en menu, par charge, 338 × 0,03.	kilog. 10,14
Quantité de combustible non brûlé ou charbon entraîné, par charge, 338 × 0,05.	16,90
Total.	27,04
Quantité de combustible consommé par le four 338 × 0,22. . .	74,36
Quantité de combustible représentant la chaleur perdue 338 × 0m,70.	236,60
Total.	338,00
Quantité de chaleur fournie au troisième four par les chaleurs perdues des deux premiers, représentée par	473,20
A déduire quantité de chaleur absorbée par les parois des conduites	4,73
Quantité de chaleur que le troisième four reçoit des deux premiers.	468,47
Quantité de chaleur fournie par la combustion des éléments combustibles dans les courants provenant des deux premiers fours.	59,49
Quantité totale de chaleur fournie dans le troisième four. . .	527,96
Quantité de chaleur consommée par le troisième four, 338 × 017.	57,46
Quantité de chaleur perdue du troisième four, représentée par.	470,50
Quantité de chaleur consommée pour le chauffage de l'air 338 × 0.35.	118,30
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air.	352,20
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air *par heure*	270,00
Quantité de combustible porté *par heure* sur les grilles des deux premiers fours.	520,00
Quantité de vapeur par kilogramme de houille brûlée *par heure* sur les deux grilles. . . . . au lieu de 4,25 kilogrammes dans les fours ordinaires à réchauffer.	3,00

Par cette évaluation de la quantité de vapeur, on tient

compte de toute cause de déperdition ou de consommation de chaleur qui n'aurait pas été prévue dans les évaluations qui précèdent.

	kilog.
Quantité de vapeur produite par heure par la chaleur perdue.	1.560,00
Machine à vapeur correspondante, 75 à 80 chevaux.	

Cette quantité totale de vapeur correspond à 5k,75 par kilogramme de houille représentant la chaleur perdue, tandis que dans les fours ordinaires à réchauffer, la quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue correspond à 6k,75 par kilogramme de houille représentant cette chaleur perdue.

2° Fabrication des rails.

Quantité de combustible porté sur la grille, par opération ou charge.	325,00
Quantité de combustible non brûlé en escarbilles et en menu par opération 325 × 0,03.	9,75
Quantité de combustible non brûlé en charbon carbonisé par opération 325 × 0,05.	16,25
Total.	26,00
Quantité de combustible consommé par le four par opération 325 × 0,22.	71,50
Quantité de combustible représentant la chaleur perdue par opération 325 × 0,70.	227,50
Total égal.	325,00
Quantité de chaleur fournie au troisième four par les chaleurs perdues des deux premiers.	455,00
A déduire quantité de chaleur absorbée par les parois des conduites.	4,50
Quantité de chaleur arrivant dans le troisième four par les deux premiers.	450,50
Quantité de chaleur développée par la combustion des éléments combustibles dans les courants expirés par les deux premiers fours.	57,20
Quantité totale de chaleur fournie au troisième four.	507,70
Quantité de chaleur consommée par le troisième four 325×0,17.	55,25
Quantité de chaleur perdue du troisième four représentée par.	452,45
Quantité de chaleur consommée par le chauffage de l'air 325 × 0,35	113,75
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air.	338,70
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air, *par heure*.	260,00
Quantité de combustible porté par heure sur les grilles des deux premiers fours.	500,00

Quantité de vapeur par kilogramme de houille brûlée par heure sur les deux grilles	kilog. 3,00
au lieu de $4^k,25$ pour les fours ordinaires à réchauffer.	
Quantité de vapeur produite par la chaleur perdue.	1.500,00
Machine à vapeur correspondante 70 à 75 chevaux.	

Cette quantité totale de vapeur correspond à $5^k,77$ par kilogramme de houille représentant la chaleur perdue, tandis que dans les fours à réchauffer ordinaires, la quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue correspond à $6^k,75$ de houille représentant cette chaleur perdue.

Parallèle pour la fabrication d'une tonne de rails, entre le système en usage et le système à fours triplés simple sous le rapport de la consommation du combustible.

1° Système en usage, fours à réchauffer ordinaires.

Fer brut en paquets (1.325 p. 1.000) :	
Combustible pour la fabrication du fer, à raison de 650 p. 1.000 de fer.	861,25
Combustible pour la fabrication des rails.	675,00
Consommation totale en houille.	1.536,25

2° Système à fours triplés simple.

Fer brut en paquets (1.325 p. 1.000) :	
Combustible pour la fabrication du fer, à raison de 433,33 p. 1.000 de fer.	574,16
Combustible pour la fabrication des rails.	450,00
Consommation totale en houille.	1.024.19

Ainsi, par l'emploi du système à fours triplés simple à la fabrication des rails, l'économie serait de $512^k,09$ par tonne de rails.

Ainsi une usine à rails, travaillant pendant trois cents jours dans l'année avec douze fours en feu, six pour le fer et six pour les rails, dont la production totale annuelle en rails, sur la base moyenne de quinze charges par vingt-quatre heures et par four, ou une production journalière par jour de 7 tonnes, serait de 12.600 tonnes de rails, obtiendrait une *économie annuelle de* 6.452 *tonnes de houille* par le système à fours triplés simple.

Fig. 5 à 8. *Système à fours triplés double, simplement annexé aux chaudières indépendantes pour chaque système simple, avec une seule cheminée.*

Fig. 5. Coupe verticale suivant la ligne AB du plan du système (Pl. II).
Fig. 6. Coupe verticale suivant la ligne CDG du plan du système (Pl. II).

Fig. 7. Coupe verticale sur la ligne EF du plan du système (Pl. II).
Fig. 8. Coupe verticale sur la ligne MN du plan du système (Pl. II).

a. Grille d'un des quatre premiers fours.
b. Autel du même four.
c. Sole du même four.
d. Carneau de conduite des courants de flamme et de la chaleur perdue du même.
e. Autel du troisième four de l'un des systèmes à fours triplés simple.
f. Sole du même four.
g. Carneau de conduite de la chaleur perdue du même à la chambre de chauffe de l'air.
h. Chambre et appareil de chauffe de l'air.
i. Carneau de conduite de la chaleur perdue de la même sous les bouilleurs.
k. Tuyau de conduite de l'air chaud de l'appareil de chauffe au réservoir.
m. Appareil de combustion des éléments combustibles des courants des premiers fours.
n. Tuyau de conduite de l'air chaud dans les appareils de combustion *m*.
p,p. Chaudières.
r,r. Bouilleurs.
s,s. Grilles de recours.
a',a'. Conduite souterraine alimentant la combustion des quatre premiers fours.
b'. Cendriers des mêmes fours.

Les appareils d'expiration et de partage du courant d'air alimentant la combustion des éléments combustibles contenus dans les courants provenant des quatre premiers fours sont en tous points identiques à celui du système à fours triplés simple.

Le volume d'air nécessaire pour cette combustion doit être le double de celui qu'exige le système simple.

L'appareil de chauffe de l'air se compose de dix-huit tuyaux de $0^m,20$ de diamètre intérieur, à parois ds $0^m,025$, et d'une longueur de chauffe de $2^m,40$, divisée en deux parties égales de $1^m,20$ chaque, séparées par une cloison de $0^m,30$ d'épaisseur, sur laquelle reposent les tuyaux de chauffe.

Le courant d'air, après avoir traversé cet appareil, est conduit par le tuyau en fonte *k* passant sur la sole du troisième four de l'un des systèmes à four triplés simple, dans le réservoir *q* construit entre les deux troisièmes fours, duquel, au moyen de deux tuyaux en fonte *o,o*, il est conduit et distribué aux deux appareils de combustion *m,m*. Les orifices

de ces tuyaux dans le réservoir sont placés à 2 mètres au-dessus du sol du même; le courant d'air chaud arrive dans le même réservoir à $0^m,30$ au-dessus du sol.

Surface de chauffe des chaudières.

Bouilleurs.

Diamètre.	$0^m,65$
Longueur de chauffe. . .	$10^m,70$

Surface totale de chauffe pour chaque bouilleur :

$2,04 \times 10,70 = 21^{m2},83$.

	m².
Pour les deux bouilleurs, la surface totale est de.	43,66

Chaudières.

Diamètre.	$1^m,30$
Longueur totale.	$10^m,00$

	m².	
Surface demi-cylindrique : $2,04 \times 8,70$.	17,75	
Surface demi-sphérique.	2,66	
Surface totale.	20,41	20,41
Total.		64,07
A déduire l'espace des briques.		4,00
Surface totale des deux bouilleurs et d'une chaudière.		60,07

La surface totale de chauffe des deux chaudières est ainsi de 120 mètres quarrés, suffisante pour une machine à vapeur de 60 chevaux.

La chaleur perdue de ce système à fours triplés double serait telle et suffisante pour une machine à vapeur de 100 chevaux.

Il serait facile au reste de disposer à la suite de ce système trois chaudières semblables avec leurs bouilleurs, dans un même massif et également avec une seule cheminée, qui, développant ensemble une surface totale de chauffe de 180 mètres quarrés, fourniraient à une machine à vapeur de 90 chevaux, puissance motrice plus que suffisante pour un train de laminoirs.

La disposition portée à cette planche permettrait de travailler avec un seul des deux systèmes à fours triplés ainsi réunis, sans être obligé de faire fonctionner simultanément les deux systèmes.

Fig. 9. *Système à fours triplés double, simplement annexé aux chaudières indépendantes pour chaque système simple, avec une seule cheminée.*

Plan du système.

a,a,a,a. Grilles des quatre premiers fours alimentés au combustible en nature.

b,b,b,b. Autels des mêmes fours.

c,c,c,c. Soles des mêmes fours.

d,d,d,d. Carneaux de conduite des courants de flamme, de la chaleur perdue et des produits de la combustion et de l'opération des quatre premiers fours dans les deux troisièmes.

e,e. Autels des deux troisièmes fours.

f,f. Soles des mêmes fours.

g,g. Carneaux de conduite de la chaleur perdue des mêmes fours aux chambres de chauffe de l'air.

h,h. Deux chambres de chauffe de l'air séparées par une cloison de $0^m,30$ d'épaisseur.

g'.g'. Deux carneaux de conduite de la chaleur perdue sous les bouilleurs.

r,r,r,r. Quatre bouilleurs, deux pour chaque chaudière, de $0^m,65$ de diamètre et de $12^m,35$ de longueur totale.

s,s. Deux grilles de recours.

p,p. Deux chaudières circulaires de $1^m,30$ de diamètre et de 10 mètres de longueur totale.

t. Cheminée unique du système ayant un diamètre de $1^m,60$ et une hauteur totale de 30 mètres au-dessus du sol, se prolongeant de $2^m,50$ en contre-bas et communiquant à cette profondeur avec une conduite souterraine comme pour le système précédent (Pl. I).

m,m. Appareils de combustion des éléments combustibles des courants provenant des quatre premiers fours, établis dans les mêmes conditions du système simple (Pl. I).

n,n. Tuyaux de conduite de l'air chaud dans les appareils *m,m.*

k. Tuyau de conduite de l'air chaud de l'appareil de chauffe au réservoir *q.*

q. Réservoir de partage de l'air chaud aux deux appareils de combustion *m,m.*

o,o. Tuyaux de conduite de l'air chaux du réservoir *q* aux deux appareils de combustion *m,m.*

Pl. III. *Système à fours triplés double, avec addition d'un septième four.*

Fig. 1 (*côté gauche*). Plan général du système.

Fig. 2. Coupe verticale suivant la ligne AB du plan général.

Fig. 3. Coupe verticale suivant la ligne CD du plan général.

Fig. 4. Coupe verticale suivant la ligne EF du plan général.

a, a, a. Grilles des quatre premiers fours alimentés au combustible en nature.

b, b, b. Autels des mêmes fours.

c, c, c. Soles des mêmes fours.

d, d, d. Carneaux de conduite des courants de flamme, de chaleur et des produits de la combustion et de l'opération expirés par les quatre premiers fours aux deux troisièmes fours.

e, e, e. Autels des troisièmes fours des deux systèmes à fours triplés simples.

f, f, f. Soles des mêmes fours.

g, g, g. Carneaux de conduite des courants de flamme, de chaleur et des produits de l'opération envoyés par les troisièmes fours des deux systèmes simples au septième four du système double.

o, o. Autel du septième four.

h, h. Sole du même four.

i, i. Carneau de conduite du courant de la chaleur perdue du septième four à la chambre de chauffe de l'air.

l, l. Chambre et appareil de chauffe de l'air.

o. Ouverture d'échappement du courant de la chaleur perdue de la chambre de chauffe dans la cheminée.

u. Cheminée unique, à section quarrée.

v. Débouché dans la cheminée à $2^m,50$ en contre-bas du sol de la conduite souterraine pour l'arrivée de l'air extérieur.

m, m. Appareil d'expiration et de partage du courant d'air déterminant et alimentant la combustion des éléments combustibles des courants expirés par les quatre premiers fours.

n, n. Tuyaux d'arrivée des courants d'air dans les appareils *m, m*.

p, p. Appareil de combustion des éléments combustibles des courants sortant des troisièmes fours des deux systèmes simples.

n', n'. Tuyau d'entrée du courant d'air, du réservoir *q* dans l'appareil *p*.

q, q. Réservoir d'accumulation et de partage du courant d'air aux appareils *m, m, p*.

r, r. Tuyau de conduite passant sous la sole de l'un des troisièmes fours des systèmes simples, de l'air chaud de l'appareil de chauffe *l* au réservoir de partage *q*.

t, t. Tuyaux de conduite de l'air chaud, du réservoir *q* aux appareils *mm*.

a', a'. Conduite souterraine pour l'air alimentant la combustion des quatre premiers fours.

b', b'. Cendriers des quatre premiers fours.

L'appareil de chauffe de l'air se compose de vingt tuyaux en fonte de $0^m,20$ de diamètre intérieur, de $0^m,025$ d'épaisseur des parois et de $1^m,40$ de longueur de chauffe.

Les appareils de combustion *m, m* des éléments combustibles des courants expirés par les quatre premiers fours sont complétement identiques à celui du système à fours triplés simple.

L'appareil de combustion *p* des éléments combustibles des courants expirés par les troisièmes fours des deux systèmes simples, disposé semblablement aux précédents, est, pour des fours à charges de 6 à 700 kil. de fer, muni de onze buses, six au rang supérieur et cinq au rang infé-

rieur ; elles sont espacées verticalement et horizontalement comme dans les précédents.

La cheminée unique du système à section quarrée de $1^m,10$ de côté et de 30 mètres de hauteur, se prolongeant de $2^m,50$ en contre-bas du sol, est disposée conformément à ce qui a été établi à la description de la Pl. I.

La conduite souterraine aurait $1^m,10$ de largeur et $1^m,20$ de hauteur au moins.

Application de ce système à fours triplés double.

1° A la fabrication du fer en général.

	kilogr.
Charge en moyenne en fer brut, par four, ...	650,00
Production du fer en barres (1.250 p. 1.000), par opération. .	520,00
Production du fer en barres pour les septs fours, par opération.	3.640,00
Consommation en houille (650 p. 1.000 de fer), par opération.	338,00
Consommation totale en houille pour les quatre premiers fours par opération.	1.352,00
Consommation en houille par 1.000 de fer en barres.	371,43
Éléments combustibles des courants des quatre premiers fours, par opération, représentés par.	148,72
Se partageant ainsi :	
Pour les appareils *m*, *m*, par opération.	116,96
Pour l'appareil *p*, par opération	29,74
	m. c.
Volume d'air théorique à 0° et à $0^m,76$ de pression, par opération : $14.872 \times 5,50$.	817,96
Volume d'air théorique à 0° et à $0^m,76$ de pression, par minute : $\frac{817,96}{75}$.	10,93
Se partageant ainsi :	
Pour les appareils *m*, *m* : 4.36 pour chaque.	8,72
Pour l'appareil *p*.	2,21
Volume d'air théorique à 300° de température :	
Pour les appareils *m*, *m* : 9,59 pour chaque.	19,18
Pour l'appareil *p*.	4,86
Diamètre extérieur des buses des appareils *m*, *m*, au nombre de dix sept	$0^m,0146$
Diamètre extérieur des buses de l'appareil *p*, au nombre de onze	$0^m,012$
	m. c.
Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante, à 0° et à 3,76 de pression : $10.93 + 10,93 \times 25$ par minute	13,66
Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la ma-	

chine soufflante, à 20°, température moyenne de l'année : — m.c.
13,66 × 1,08 par minute. 14,75
Pression manométrique à la machine soufflante. 0m,045
Pression manométrique à l'appareil de combustion. . . . . . . '0m,045

2° A la fabrication des rails.

Charge moyenne en fer en paquets par four, 650 kil. — kilog.
Production en rails finis (1325 pour 1.000), par opération . . 481,50
Production totale en rails pour les sept fours. 3.370,50
Consommation en houille (675 pour 1.000 de fer) 325,00
Consommation totale en houille pour les quatre fours. 1.300,00
Consommation en houille par 1.000 de rails finis. 385,70
Eléments combustibles des courants des quatre premiers fours représentés par. 143,00
Se partageant ainsi : Pour les appareils m. m. 114,40
— Pour l'appareil p 28,60
Volume d'air théorique à 0° et à 0m,76 de pression, 143,00 × 5,50 786,50
Volume d'air théorique à 0° et à 0m,76 de pression par minute, $\frac{786,50}{75}$. 10,49
Se partageant ainsi : Pour les appareils m, m, 4,19 pour chaque. 8,38
— Pour l'appareil p 2,11
Volume d'air théorique à 300° :
Pour les appareils m, m, 9,22 par chaque. 18,44
Pour l'appareil p. 4,64
Diamètre extérieur des buses des appareils m, m, au nombre de 17 chaque. . . . . 0m,0144.
Diamètre extérieur des buses de l'appareil p, au nombre de 11. . . . . 0m,0116.
Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante, à 0° et à 0m,76 de pression, 10,49 + 10,49 × 0,25 13,11
Volume d'air nécessaire pour le fonctionnement de la machine soufflante à 20° centigrades, température moyenne de l'année, par minute 14,16
Pression manométrique à la machine soufflante . . . 0m,45.
Pression manométrique à l'appareil de combustion. . 0m,06.

Quantités de combustible équivalentes aux diverses quantités de chaleur.

1° Fabrication du fer en général.

Quantités de combustible porté sur la grille de chaque four, par opération. 238,00

Quantité de combustible non brûlé en menu et en escarbilles, par opération, 338 × 0,03	10,14
Quantité de combustible non brûlé en charbon entraîné, par opération, 338 × 0,05	16,90
Total	27,04
Quantité de combustible consommée par le four, par opération, 338 × 0,22	74,36
Quantité de combustible représentant la chaleur perdue, par opération, 336 × 0,60	236,60
Total égal	338,00
Quantité de chaleur fournie au troisième four de chaque système simple par les deux premiers, ou chaleur perdue de ces derniers	473,20
A déduire, quantité de chaleur absorbée par les parois des conduites	4,73
Quantité de chaleur arrivant au troisième four des deux premiers	468,47
Quantité de chaleur fournie par la combustion des éléments combustibles dans les courants expirés par les deux premiers fours	59,49
Quantité totale de chaleur fournie au troisième four de chaque système simple	527,96
Quantité de chaleur consommée par ce troisième four, représentée par 338 × 0,17	57,46
Quantité de chaleur perdue de chaque troisième four	470,50
Quantité de chaleur fournie au septième four par les troisièmes fours des deux systèmes simples, ou chaleur perdue de ces fours	kilog. 941,00
Quantité de chaleur absorbée par les parois des conduites	9,46
Quantité de chaleur arrivant des troisièmes fours dans le septième	930,54
Quantité de chaleur fournie par la combustion des éléments combustibles dans les courants sortant des troisièmes fours	29,74
Quantité totale de chaleur arrivant des troisièmes fours dans le septième	960,28
Quantité de chaleur consommée par le four et par les parois des conduites, 338 × 0,24	81,12
Quantité de chaleur perdue du septième four, représentée par	879,16

Quantité de chaleur consommé pour le chauffage de l'air, 338 × 0,85	287,80
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air.	591,26
Quantité de chaleur perdue, par heure, de la même chambre.	450,00
Quantité totale de combustible porté, par heure, sur la grille des quatre premiers fours.	1.080,00
Quantité de vapeur par kilogramme de houille brûlée par heure sur les mêmes grilles	2,00
Au lieu de 4,25 kil. dans les fours ordinaires à réchauffer.	
Quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue. . . .	2.160,00
Machine à vapeur correspondante, 100 chevaux.	

Cette quantité totale de vapeur correspond à 4,80 kil. par kilogrammes de houille représentant la chaleur perdue, tandis que dans les fours ordinaires à réchauffer la quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue correspond à 6,75 kil. par kilogramme de houille représentant cette chaleur perdue.

2° **Fabrication des rails.**

	kilog.
Quantité de combustible porté sur la grille de chaque four, par opération	325,00
Quantité de combustible non brûlé, en menu et en escarbilles, par opération, 325 × 0,03.	9,75
Quantité de combustible non brûlé ou charbon entraîné, par opération, 325 × 0,05.	16,25
Total.	26,00
Quantité de combustible consommée par le four, par opération, 325 × 0,22.	71,50
Quantité de combustible représentant la chaleur perdue, par opération, 325 × 0,70.	327,50
Total égal.	325,00
Quantité de chaleur fournie au troisième four de chaque système simple par les deux premiers, ou chaleur perdue de ces derniers.	455,00
A déduire, quantité de chaleur absorbée par les parois des conduites	4,50
Quantité de chaleur arrivant au troisième four des deux premiers	450,50
Quantité de chaleur fournie par la combustion des éléments combustibles dans les courants expirés par les deux premiers fours.	57,20
Quantité totale de chaleur fournie au troisième four de chaque système simple	507,70

	kilog.
Quantité de charbon consommée par ce troisième four, 325 × 0,17	55,25
Quantité de chaleur perdue de ce troisième four	452,45
Quantité de chaleur fournie au septième four par les troisièmes fours des deux systèmes simples	904,90
Quantité de charbon absorbée par les parois des conduites	9,00
Quantité de chaleur arrivant des troisièmes fours dans le septième	895,90
Quantité de chaleur fournie par la combustion des éléments combustibles dans les courants expirés par les troisièmes fours	28,60
Quantité totale de chaleur arrivant des troisièmes fours dans le 7e	924,50
Quantité de chaleur consommée par le four et par les parois des conduites, 325 × 0,24	78,00
Quantité de chaleur perdue du septième four	846,50
Quantité de chaleur consommée par le chauffage de l'air, 325 × 0,85	276,25
Quantité de chaleur perdue de la chambre de chauffe de l'air	570,25
Quantité de chaleur perdue, par heure, de la même chambre	430,00
Quantité de combustible porté, par heure, sur la grille des quatre premiers fours	1.040,00
Quantité de vapeur par kil. brûlé par heure sur la grille des mêmes fours	2,00
Au lieu de 4,25 kilogrammes dans les fours ordinaires à réchauffer.	
Quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue	2.080,00
Machine à vapeur correspondante, 100 chevaux.	

Cette quantité totale de vapeur correspond à 4,83 kilogrammes par kil. de houille représentant la chaleur perdue, tandis que dans les fours ordinaires à réchauffer la quantité totale de vapeur produite par la chaleur perdue correspond à 6,75 kil. par kil. de houille représentant cette chaleur perdue.

Parallèle pour la fabrication d'une tonne de rails, entre le système en usage et le système à fours triplés double avec l'addition d'un septième four sous le rapport de la consommation du combustible.

1° Système en usage, fours à réchauffer ordinaires.

	kilog.
Fer brut en paquets (1.325 pour 1.000).	
Consommation de combustible pour la fabrication du fer, à raison de 650 pour 1.000	861,25
Consommation pour la fabrication des rails	675,00
Consommation totale par tonne de rails	1.536,25

2° Système à fours triplés double.

Fer brut en paquets, 1.325 pour 1.000.	
Consommation de combustible pour la fabrication du fer.	492,14
Consommation pour la fabrication des rails	385,70
Consommation totale par tonne de rails.	877,84

Ainsi, par l'emploi du système à fours triplés double avec un septième four, l'économie combustible par tonne de rails est de 648,41 kil., ou la quantité environ qui est consommée par le système en usage pour la seule fabrication des rails.

Ainsi, une usine à rails fabriquant annuellement 12.600 tonnes de rails, obtiendrait une économie annuelle de 8.169,67 tonnes de houille, ou en d'autres termes, *elle économiserait à peu près tout le combustible qui serait consommé par le système en usage pour la seule fabrication des rails.*

Fig. 1 (côté droit). *Système à fours triplés double avec addition d'un septième four et chaudière sur fours.*

Plan général du système.

a, a, a. Grilles des quatre premiers fours.
b, b, b. Autels des mêmes fours.
c, c, c. Soles des mêmes fours.
d, d, d. Carneaux de conduite des courants des quatre premiers fours aux troisièmes.
e, e. Autels des troisièmes fours des deux systèmes et fours triplés simples.
f, f. Soles des mêmes fours.
g, g. Carneaux de conduite des courants des troisièmes fours au septième.
h. Autel du septième four.
i. Sole du même.
k. Carneaux de conduite de la chaleur perdue du septième four à la chambre de chauffe de l'air.
l. Chambre de chauffe de l'air.
m, m. Appareils de combustion pour les courants des troisièmes fours.
n, n. Tuyaux d'arrivée des courants d'air dans ces appareils.
o, o. Tuyaux de conduite de l'air chaud du réservoir *p* dans les appareils *m, m.*
p. Réservoir d'accumulation et de partage du courant d'air dans les appareils de combustion.
q. Tuyaux de conduite de l'air chaud de l'appareil de chauffe dans le réservoir *p.*

r. Appareil de combustion des courants des troisièmes fours.
s. Tuyau d'entrée du courant d'air dans l'appareil *r*.
t. Cheminée unique du système à section quarrée de 1m,25 de côté.
a', *a'*. Grilles de recours pour la chaudière sur fours.

Fig. 5 à 8. *Système à fours triplés double avec addition d'un septième four, et chaudière sur fours.*

Fig. 5. Coupe verticale sur l'axe des grilles, ligne CD du plan général.
Fig. 6. Coupe verticale sur l'axe de la porte du septième four, ligne EF.
Fig. 7. Coupe verticale sur l'axe du système, ligne AB.
Fig. 8. Plan de la chaudière et de ses bouilleurs.

a' a' a'. Grilles ou foyers de recours.
c'. Chaudière.
d'. Bouilleurs.
e'. Ouverture d'échappement du courant de la chaleur perdue du carneau de la chaudière dans la cheminée.
q. Tuyau de conduite de l'air chaud de l'appareil de chauffe au réservoir *p*.
p. Réservoir d'accumulation et de partage de l'air chaud.
r. Appareil de combustion des courants des troisièmes fours.
s. Tuyau de prise d'air pour cet appareil dans le réservoir *p*.
g. Carneau de conduite des courants des troisièmes fours.
h. Autel du septième four.
i. Sole du même four.
k. Échappement et carneau de conduite de la chaleur perdue du septième four à la chambre de chauffe *l*.
l. Chambre et appareil de chauffe de l'air.
b'. Carneau de conduite de la chaleur perdue de la chambre de chauffe sous les bouilleurs.
t. Cheminée unique du système.
u. Débouché dans la cheminée de la conduite souterraine pour l'arrivée d'un courant d'air extérieur.

Pl. IV. *Système à fours triplés double avec l'annexe d'un septième four et chaudière sur fours.*

Fig. 1. Coupe verticale suivant la ligne brisée RST du plan général.
Fig. 2. Coupe verticale suivant la ligne HK du plan général.

a. Grilles de l'un des quatre premiers fours.
b. Autel du même four.
c, *c*, *c*. Sole du même four.
d, *d*. Carneau de conduite des courants des premiers fours aux troisièmes, système simple.
e. Autel de l'un des troisièmes fours, système simple.
f, *f*, *f*. Sole du même four.

g. Carneaux de conduite des courants des troisièmes fours au septième du système double.

p. Réservoir d'accumulation et de partage de l'air chaud aux appareils de combustion.

m. Appareil de combustion des courants des deux premiers fours, système simple.

n. Tuyau d'arrivée de l'air chaud dans l'appareil *m*.

c'. Chaudière sur fours.

d'd'd. Bouilleurs.

s's'. Conduite souterraine du courant d'air alimentant la combustion des quatre premiers fours.

t'. Cendrier de l'un des quatre premiers fours.

Les appareils de combustion *m*, *m* des éléments combustibles des courants des quatre premiers fours sont en tous points identiques à celui du système à fours triplés simple.

L'appareil de combustion *r* des courants des troisièmes fours est disposé semblablement à celui déjà décrit. Il est muni de treize buses.

L'appareil de chauffe de l'air se compose de vingt-quatre tuyaux de $0^{m},20$ de diamètre intérieur, à parois de $0^{m},025$ d'épaisseur et de $1^{m},20$ de longueur de chauffe.

La cheminée unique du système, à section quarrée, de $0^{m},95$ de côté, descendant à $2^{m},50$ en contre-bas du sol, est disposée d'après ce qui a été établi plus haut; elle a 30 mètres de hauteur au-dessus du sol.

Chaudière sur fours (surface de chauffe).

Bouilleurs.

Diamètre.	$0^{m},60$
Longueur de chauffe. . . .	$10^{m},50$

Surface de chauffe pour chaque bouilleur :

$$1,885 \times 10,50 = 19^{m^2},79$$

Surface totale de chauffe pour les trois bouilleurs.	$59^{m^2},37$

Chaudière.

Grand diamètre.	$1^{m^2},60$
Petit diamètre.	1,00
Longueur cylindrique.	9,50

Surface cylindrique $2^{m},20 \times 9^{m},50$	$20^{m^2},90$	
Surface sphérique.	4,20	
Surface totale.	25,10	25,10
Total.		84,47
A déduire l'espace des briques $9^{m},50 \times 0,20$.		1,90
Surface totale de chauffe.		82,57

correspondant à une machine à vapeur de 40 à 45 chevaux.

La chaleur perdue de ce système pourrait, ainsi qu'il a été établi

précédemment, suffire pour une machine à vapeur de 100 chevaux.

On pourrait conséquemment établir une seconde chaudière pour fournir la vapeur à une machine à vapeur de 40 à 45 chevaux. On aurait ainsi la puissance motrice exigée pour un train de laminoirs.

Fig. 3, 4, 5. *Appareil de combustion du système à fours triplés double.*

Fig. 3. Plan de détail de cet appareil déjà décrit.
Fig. 4. Coupe verticale sur l'axe.
Fig. 5. Coupe verticale transversale.

m. Appareil.
n. Tuyau d'arrivée du courant d'air dans l'appareil.
o,o. Dix-sept buses d'expiration du courant d'air; diamètre extérieur des mêmes, 0m,0145.
d,d. Carneaux de conduite des courants expirés par les deux premiers fours accouplés.
c,c. Sole des deux premiers fours.
e. Autel du troisième four.
f. Sole du même four.

Fig. 6, 7, 8. *Appareil de combustion des courants des troisièmes fours dans le système à fours triplés double avec addition d'un septième four, et chaudière sur fours.*

Fig. 6. Plan de détail de cet appareil, déjà décrit.
Fig. 7. Coupe verticale sur l'axe.
Fig. 8. Coupe verticale transversale.

r. Appareil.
s. Tuyau d'arrivée du courant d'air communiquant avec la pression *p*.
o,o,o. Treize buse d'expiration du courant d'air; diamètre extérieur des mêmes, 0m,011.
g,g. Carneaux de conduite des courants expirés par les troisièmes fours.
f,f. Soles des troisièmes fours.
h. Autel du septième four.
i. Sole du même four.

Fig. 9, 10, 11. *Appareil de combustion des courants des troisièmes fours dans le système à fours triplés double, avec addition d'un septième four.*

Fig. 9. Plan de détail de cet appareil déjà décrit.
Fig. 10. Coupe verticale sur l'axe.
Fig. 11. Coupe verticale transversale.

p. Appareil.
n'. Tuyau d'arrivée du courant d'air communiquant avec le ré servoir *q*.

o, o, o. Onze buses d'expérience du courant d'air; diamètre extérieur des mêmes, 0m,012.

g, g. Carneaux de conduite du courant des troisièmes fours.

f, f. Soles des troisièmes fours.

a. Autel du septième four.

b. Sole du même four.

Fig. 12, 13, 14, 15. *Appareil pour la prise des gaz et le chargement des hauts fourneaux, établi aux forges d'Aubin.*

a. Trémie circulaire en fonte, en trois parties : 1 et 2, sans ajustage; 3, tournée à la jonction du bouchon.

b. Cône en fonte ou bouchon circulaire, tourné à sa jonction avec la trémie.

c. Manchon en fonte reliant les tubes de prise et formant la paroi intérieure de la trémie.

d. Prise verticale extérieure, en tôle de 0m,005.

d'. Prise verticale intérieure ou tube plongeur, en tôle de 0m,015.

e, Deux poutres en tôle reposant sur trois colonnes.

f. Manchon en tôle faisant partie de la prise centrale et reposant sur les poutres auxquelles il est fixé par une large bride en tôle.

g. Trois colonnes en fonte sur lesquelles reposent les poutres en tôle supportant l'appareil.

h. Trois tirants en fer supportant la prise centrale (jusqu'au manchon *f* dans lequel elle glisse à volonté) et servant à régler la position du manchon *c*.

i. Fermeture hydraulique de la prise de gaz. Cette ouverture fait soupape de sûreté et sert ainsi à laisser échapper le gaz qu'on ne veut pas utiliser.

k. Conduite de communication de la prise à la caisse à poussières. Elle est munie d'un papillon qui sert à interrompre la communication.

l. Tubulures munies de clapets de sûreté servant à visiter la conduite de communication et le haut de la prise.

m. Balancier en tôle servant à soulever le bouchon. On agit à son extrémité par des moufles ou par un petit treuil.

n. Manchon en fonte dans lequel passe l'arbre des bras du balancier. Il sert à relier ces deux bras.

o. Support en fonte du balancier reposant sur les deux poutres en tôle qu'il relie en même temps.

p. Tiges de suspension du bouchon munies de chappes à vis servant à régler la position du bouchon.

R. Bride mobile pour le joint de la prise et du manchon *f*. Elle permet de régler à volonté le manchon *c*.

S. Caisse à poussières munie de soupapes de sûreté à sa partie supérieure, et dans le bas de deux ouvertures inclinées fermées par un joint d'eau qui permet de faire les nettoyages sans arrêter l'écoulement des gaz.

T. Tuyau de conduite des gaz à leur sortie de la caisse à poussières.

Fig. 16 *à* 18. *Formations secondaires des environs de Sainte-Affrique* (Aveyron). 91

Fig. 16. Diagramme des formations secondaires entre Nant et Sainte-Affrique.

O. Terrain oxfordien.
B. Terrain bajoccien.
M. Marnes supraliasiques.
L. Lias.
K. Keuper.
R. Grès et marnes rouges.
T. Schistes talqueux.

Fig. 17. Sainte-Affrique, rive gauche de la Sorgue.

9, 8, 7, 6, 5, marnes bariolées avec grès, gypse et dolomie, 10m.
4, 3, 2, grès blanc verdâtre, 15m.
1. Conglomérat quartzeux, 6m.
R. Marnes et grès rouges.

Fig. 18. Coupe de la montagne de Combalou, versant de Roquefort.

T. oxfordien, 48m.
q. Calcaire coquillier gris clair, 3m.
p. Calcaire gris jaunâtre subsaccharoïde avec peignes, 26m.
n. Calcaire ferrugineux et magnésien, 3m.
m. Calcaire gris cendré, avec lits d'argile et bivalves, 8m.
l. Argile avec houille, 8m.

Oolite inférieure, 88m.
k. Calcaire oolitique lumachellé, 4m.
h. Calcaire compacte jaune, fragmentaire, avec larges fissures verticales.
g. Calcaire compacte brun, 9m.
f. Calcaire siliceux blanc, 8m.
e. Calcaire compacte, 20m.
d. Calcaire magnésien avec sable, 2m.
c. Calcaire marneux magnésien se délitant en boules, 15m.
Aq. Niveau d'eau.
b. Marnes et calcaires marneux, avec térébratules, 10m.
a. Marnes grises micacées.
S. Marnes supraliasiques, 200m.

Pl. V, VI, VII, VIII. *Extraction et triage de la houille aux mines du Grand-Hornu* (Belgique). 149

Planches relatives au puits n° 8.

Pl. V.

Fig. 1 et 2. Élévation et coupe d'une cage d'extraction.

Fig. 3 et 4. Profil et élévation d'un chariot en bois.

Fig. 5 et 6. Coupe et élévation d'une roue de chariot.

Fig. 7 et 8. Patin de retenue et appareil à taquets pour la réception des cages à la surface.

Fig. 9. Plan du puits d'extraction pour faire comprendre la pose des traverses et des guides des cages.

Fig. 10 et 11. Patron ayant servi à la pose des guides.

Fig. 22, 21 et 12. Plan des galeries de communication des accrochages; plan de ces derniers et coupe du fond du puits et de l'appareil de réception des cages.

Fig. 13 et 14. Plan et élévation de la traverse qui sert à guider le tablier de l'appareil de réception des cages dans son mouvement de descente et d'ascension.

Fig. 15. Coupe longitudinale du bâtiment du puits et de l'atelier de triage.

Fig. 16 et 17. Plan et élévation des appareils à taquets pour la réception des cages à la surface.

Fig. 18 et 19. Élévation de l'appareil qui sert à envoyer les chariots d'une recette à l'autre à la surface.

Fig. 20. Plan de cet appareil, du traitement de la machine, de la charpente des molettes et de l'atelier de triage.

Pl. VI.

Fig. 1 et 2. Détails de l'appareil élévateur précédent.

Fig. 3, 4, 5, 6, etc. Plan, élévation et coupe d'un culbuteur et de l'un de ses paliers.

Fig. 8. Élévation du mouvement des tiroirs de distribution de la machine d'extraction, opéré au moyen de la coulisse de Stephenson.

Fig. 9 et 14. Élévation et profil du frein de l'arbre des bobines.

Fig. 11 et 42. Plan et coupe de l'atelier de triage relatif au mode d'extraction par cuffats.

Planches relatives au puits n° 12.

Fig. 12 et 13. Plan et coupe longitudinale du bâtiment et des engins d'extraction et triage placés à la surface.

Pl. VII.

Fig. 1. Coupe horizontale du bâtiment prise au niveau de la seconde recette de la tête du puits.

Fig. 2. Coupe transversale du bâtiment et des recettes de la tête du puits.

Fig. 3. Élévation de la machine d'extraction.

Fig. 4, 5, 6 et 7. Détails des robinets de décharge et coupes verticales

de la boîte de distribution de la vapeur à laquelle ils sont appliqués.

Fig. 8 et 9. Arrête-cages placé au-dessus de l'orifice du puits, pour empêcher les cages de monter aux molettes.

Fig. 10, 11, 12, 13 et 14. Plan, coupes et élévation de la valve tournante ρ et de la boîte de distribution ε du cylindre à vapeur qui commande les coulisses de Stephenson. — *a*, *a*, sont les canaux adducteurs, et *b* le canal d'échappement de la vapeur.

Fig. 15. Coupe du réservoir et des pompes d'alimentation des générateurs.

Pl. VIII.

Fig. 1 et 2. Coupes longitudinale et transversale d'un générateur et de son fourneau.

Fig. 3 et 4. Élévation et coupe des engrenages à declic qui reçoivent le mouvement de l'arbre des bobines et qui font jouer la sonnette au moment où la cage approche de l'orifice du puits.

Fig. 5. Elévation de l'appareil à taquets de la tête du puits.

Fig. 6 et 7. Plan et coupe longitudinale des accrochages ou recettes du fond du puits.

Fig. 8 et 9. Plan et élévation de la balance qui met en communication les recettes supérieures et sert à envoyer les chariots de l'une à l'autre.

Fig. 10. Plan de l'atelier de triage.

Fig. 11 et 12. Coupe transversale et élévation d'un culbuteur.

Fig. 13. Coupe transversale d'une molette.

FIN DU TOME DIXIÈME.

Paris. — Imprimé par E. Thunot et Ce, rue Racine, 26.

0 1 mètre.

2 mètres

Lemaitre sc.

0 1 mètre

2 mètres

Lemaitre sc.





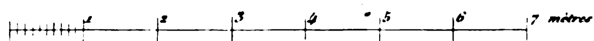


Fig. 9.

Fig. 7.

Fig

r
r
s
s
l
g'
b
D
g
f'
q
d
e
m
d
o
c
c
b
a
b
a
p
h
k
f'
d
m
e
b
a
n

ie. Y pages

Lemaitre sc.

Fig. 3.

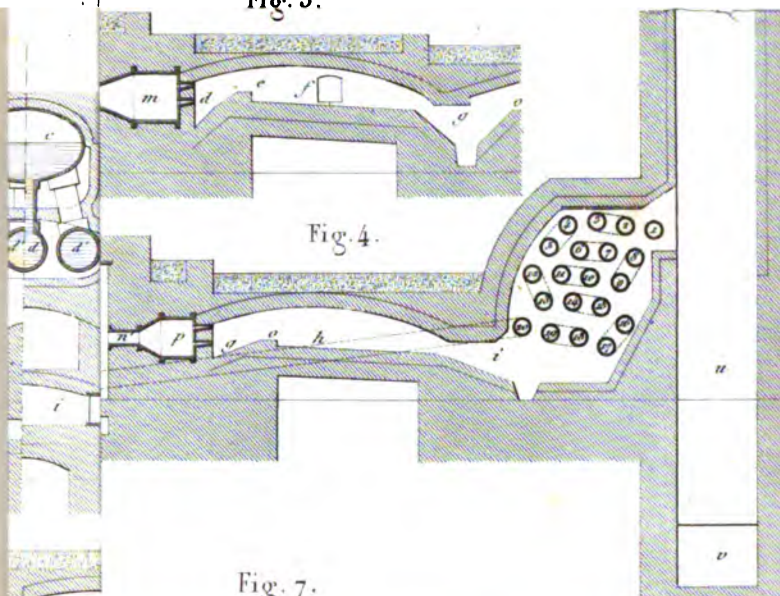


Fig. 7.

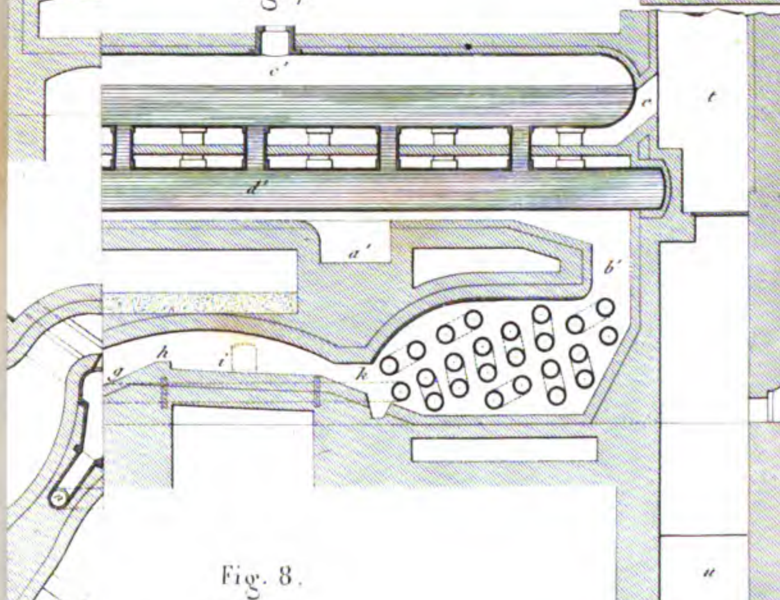


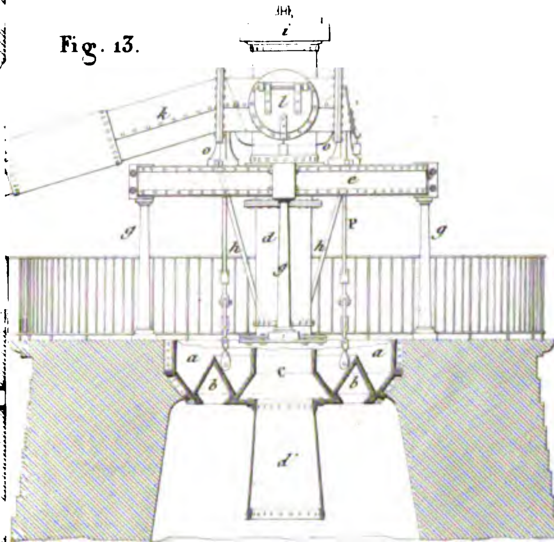
Fig. 8.

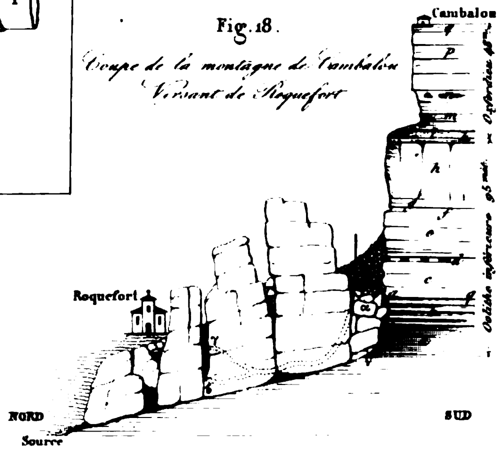
Série. Tome

Lemaitre



...rgement des hauts-fourneaux.





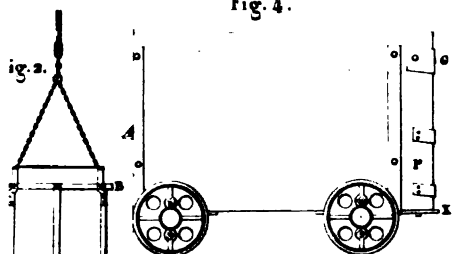
...tions secondaires entre Nant et St. Affrique. (Aveyron).

La Cavalerie
Liquisse
Dourbie R.
Cernon R.
Larzac
Nant
St. Jean

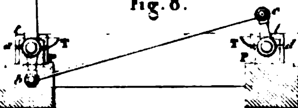
c X, pages 2...

Lemaitre sc.

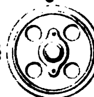


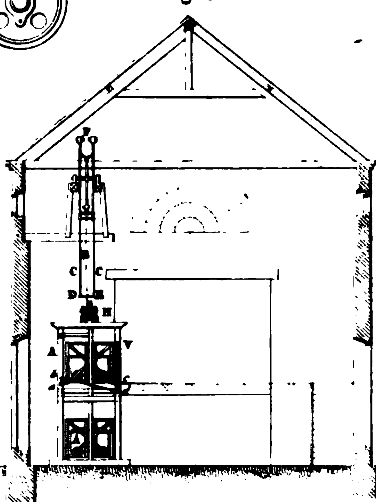


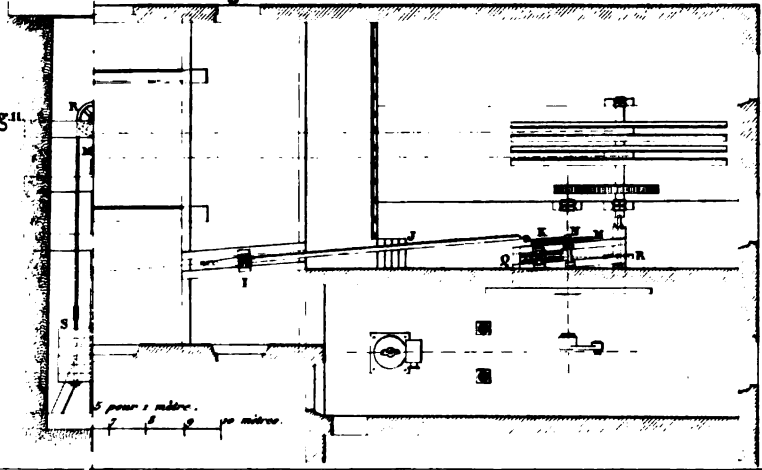








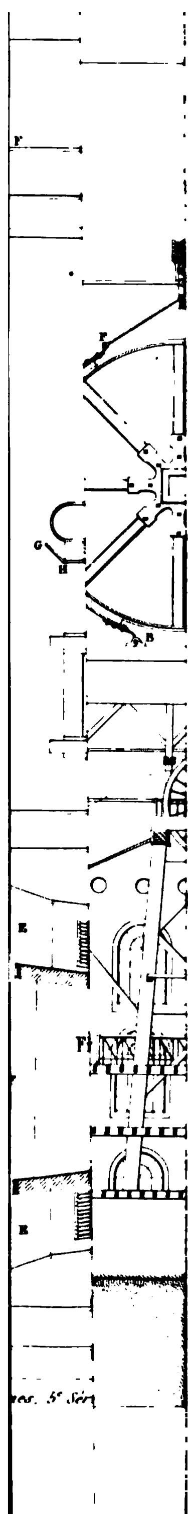




Lemaitre sc







…e la Fig. 1 de 0.m …

Echelle de la Fig. …

Echelle des Fig. 3 …

…des Fig. 4 et 5 de 0.m …

Echelle des Fig. 6 …

…chelle des Fig. 8 et 9 …

Echelle des Fig. 10 11 …

…g. 2.

M

P

K

T

J

S'

S

T'

E

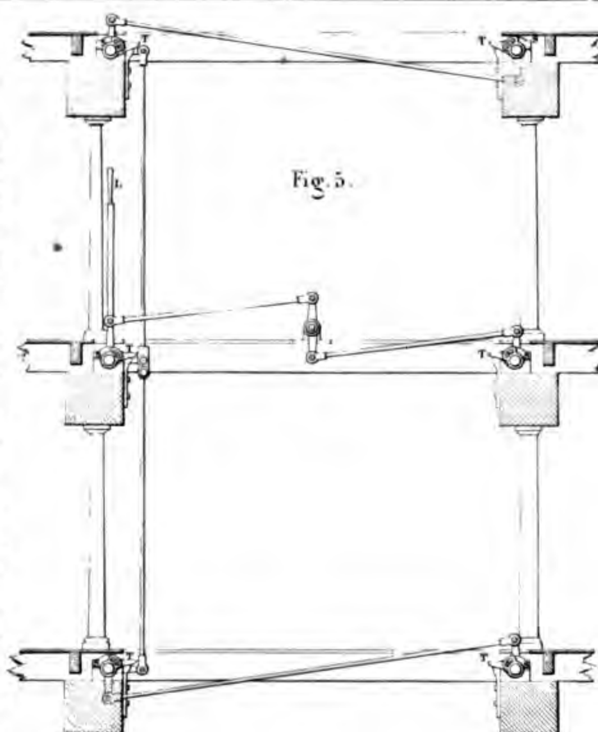
R'

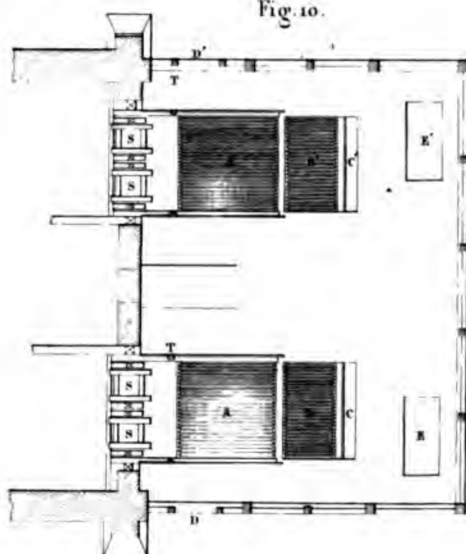
N'

G

A'

…Série, Tome X. pag…





.des Fig. 1, 2 6 ...

des Fig. 3 et ...

de la Fig. 3.

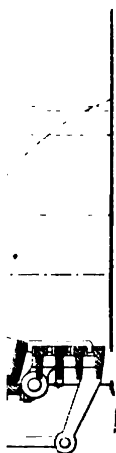
des Fig. 8, 9 ...

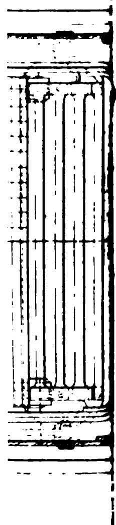
Fig. 10 de 0m ...

... et 12 de 0m ...

Lemaitre sc.

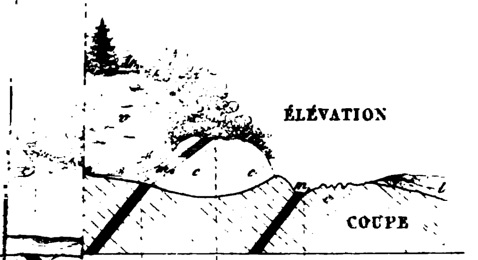




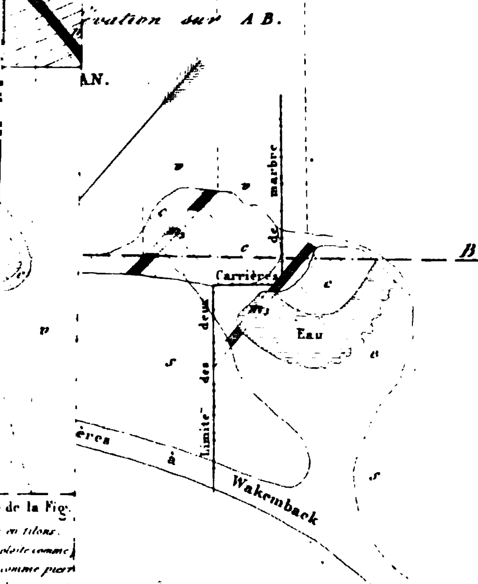


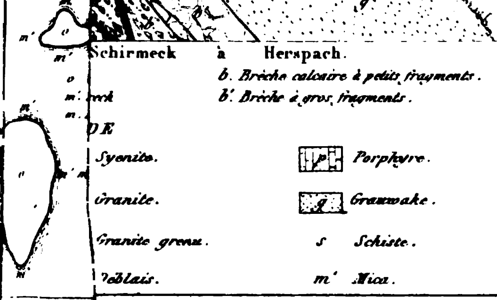
...ie de Wakemback.

F. 9.



...vation sur A B.





Lemaitre sc.

7

